

# **MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

## **SOTILAAN KESTÄVYYSSUORITUSKYKY JA SEN KEHITTÄMINEN KORKEA- TAI MATALATEHOISELLA KESTÄVYYSHARJOITTELULLA YHDISTETTYNÄ VOIMAHARJOITTELUUN**

Pro Gradu -tutkielma

Yliluutnantti

Juha Hirsimäki

Maisterikurssi 3

Maasotalinja

Huhtikuu 2014

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Maisterikurssi 3	Linja Maasotalinja
Tekijä Juha Hirsimäki	
Tutkielman nimi <b>Sotilaan kestävyys suorituskyky ja sen kehittäminen korkea- tai matalatehoisella kestävyys harjoittelulla yhdistettynä voimaharjoitteluun</b>	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Huhtikuu 2014	Tekstisivuja 75    Liitesivuja 1
<b>TIIVISTELMÄ</b> <p>Sotilailla on oltava kyky suoriutua monista fyysisesti vaativista tehtävistä taistelukentän vaihtelevissa maastoissa ja olosuhteissa. Tehtävien suorittamisen nopeus vaikuttaa taistelukykyyn ja taistelussa selviämiseen. Moni tehtävä vaatii hyvää kestävyyskuntoa, mikä edellyttää korkeaa maksimaalista hapenottokykyä. Reserviläisten maksimaalisen hapenottokyvyn testien tulokset ovat heikentyneet viimeisimpien tutkimusten perusteella. Sodan ajan tehtävään valmistautuessa aikaa fyysisen kunnon kehittämiseen on käytössä rajallisesti. Tämän vuoksi on tärkeää tutkia eri harjoitusmenetelmiä, joilla reservin fyysistä suorituskykyä voidaan kehittää tehokkaasti lyhyellä aikavälillä.</p> <p>Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, vaikuttaako harjoittelun intensiteetti maksimaaliseen ja submaksimaaliseen kestävyys suorituskykyyn, hormonivasteisiin sekä kehon koostumukseen yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoittelussa. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia mitkä fysiologiset tekijät ovat yhteydessä maksimaaliseen ja submaksimaaliseen taakan kantokkykyyn sekä maksimaaliseen juoksusuorituskykyyn.</p> <p>Tutkimukseen osallistui yhteensä 29 vapaaehtoista koehenkilöä, jotka olivat keskimäärin 25-vuotiaita hyväkuntoisia sotilaita. Tutkimusjoukosta muodostettiin kolme ryhmää (korkeatehoinen kestävyysryhmä=HIT, matalatehoinen kestävyysryhmä=LIT ja kontrolliryhmä=KON). Keskeytysten, vammojen ja puutteellisen harjoittelun vuoksi kahdeksan koehenkilön tuloksia ei otettu huomioon harjoitusvaikutuksia tarkastellessa. Tämän vuoksi koehenkilöiden määrä väheni harjoitusjakson kuluessa. (HIT: n=8, LIT: n= 7 ja KON: n=6). Tutkimukseen liittyvä harjoittelujakso kesti yhteensä kuusi viikkoa. Korkeatehoinen kestävyysryhmä (HIT) teki viikossa kolme intervalliharjoitusta ja matalatehoinen kestävyysryhmä (LIT) kolme peruskestävyys harjoitusta. Molemmat ryhmät tekivät lisäksi kolme voimaharjoitusta. Harjoituksiin sisältyi yksi yhdistelmäharjoitus, jossa harjoiteltiin samanaikaisesti sekä voimaa että kestävyyttä. Harjoittelun vaikuttavuutta mitattiin alku- ja lopputesteillä, jotka suoritettiin ennen kuuden viikon harjoittelua ja sen jälkeen. Kestävyys suorituskykyä mitattiin 12-minuutin juoksutestillä ja taakan kantotestillä. Fysiologisista vasteista mitattiin sykettä, laktaattia ja hormoneja. Kehon koostumus mitattiin bioimpedanssimenetelmällä.</p>	

Korkeatehoinen kestävyysharjoittelu yhdistettynä voimaharjoitteluun kehitti tehokkaammin kestävyys suorituskykyä kuin matalatehoinen kestävyys harjoittelu yhdistettynä voimaharjoitteluun. 12-minuutin juokсутestissä HIT-ryhmä (5,0 %) ja KON-ryhmä (4,7 %) paransivat juoksumatkaansa merkitsevästi ( $p<0,05$ ). LIT-ryhmä (1,3 %) ei parantanut merkitsevästi tulostaan. HIT-ryhmä (14,8 %) ja KON-ryhmä (14,7 %) paransivat taakankantotestin 1 km:n maksimaalista suoritus aikaansa merkitsevästi. LIT-ryhmän (4,9 %) aika ei parantunut tilastollisesti merkitsevästi. Korkeatehoisella kestävyys harjoittelulla havaittiin olevan alentava vaikutus submaksimaalisen taakankantosuurituksen syke- ja laktaattipitoisuuksiin. Taakankantotestin alentuneista laktaattipitoisuuksista ja sykkeistä löydettiin yhteys parantuneisiin maksimaalisiin juokсутesti- ja taakankantotestituloksiin. Kehon alhaisella rasvaprosentilla havaittiin olevan positiivinen yhteys maksimaaliseen taakankantokykyyn ja juoksusuorituskykyyn. Kehon rasvattomalla massalla ja taakankantokyvyllä ei havaittu yhteyttä. 12-minuutin juokсутestin ja taakankantotestin maksimisuoritusten välillä oli yhteys ( $r=0,57$   $p<0,05$ ). Harjoittelun jälkeiset muutokset 12-minuutin juokсутestin ja taakankantotestin maksimisuorituksen välillä olivat yhteydessä toisiinsa ( $r=0,73$   $p<0,01$ ).

Tässä tutkimuksessa kestävyys suorituskykyä kyettiin kehittämään lyhyellä aikavälillä (6 viikkoa) tehokkaasti yhdistetyllä korkeatehoisella kestävyys harjoittelulla ja voimaharjoittelulla. Kestävyys suorituskyvyn paraneminen perustui todennäköisimmin maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymiseen korkeatehoisen juokсуharjoittelun vaikutuksesta. 12-minuutin juokсутesti näyttäisi soveltuvan hyvin submaksimaalisen ja maksimaalisen taakankantokyvyn arviointiin erityisesti taakankantoon tottuneille henkilöille.

Kun suunnitellaan jatkossa sotilaille harjoitusohjelmia, on huomioitava mahdolliset rasitusvammat ja ylikuormitustilat, joita korkeatehoinen juokсуharjoittelu saattaa aiheuttaa. Harjoitusohjelman yksilöllisellä suunnittelulla voidaan ehkäistä vammoja ja painottaa niitä fyysisiä ominaisuuksia, jotka sodan ajan tehtävän kannalta ovat tärkeitä kullekin yksilölle. Harjoittelun yksilöllinen suunnittelu edellyttää, että aikaisempi harjoittelutausta, fyysiset ominaisuudet, fyysisen kunnon lähtötaso ja sodan ajan tehtävän vaatimukset on otettu huomioon harjoitusohjelmaa suunniteltaessa.

#### AVAIN SANAT

Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu, sotilaan kestävyys suorituskyky, kehon koostumus, hormonivasteet, korkea- tai matalatehoinen kestävyys harjoittelu

# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>KESTÄVYYS</b>	<b>5</b>
2.1	LIHAKSEN ENERGIA-AINEENVAIHDUNTA	5
2.2	KESTÄVYSSUORITUSKYKY	6
2.2.1	Maksimaalinen hapenotto	7
2.2.2	Laktaattikynnys	8
2.2.3	Taloudellisuus	9
<b>3</b>	<b>KESTÄVYSHARJOITTELU</b>	<b>11</b>
3.1	KESTÄVYSHARJOITUSVASTEEN YKSILÖLLISET EROT	12
3.2	KORKEATEHOINEN KESTÄVYSHARJOITTELU (HIT)	13
<b>4</b>	<b>YHDISTETTY KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELU</b>	<b>18</b>
4.1	KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELUN EROT JA SAMANKALTAISUUDET HERMO-LIHASTASOLLA	22
4.2	KESTÄVYSSUORITUKSEN TALOUDELLISUUDEN KEHITTYMINEN VOIMAHARJOITTELLA	23
<b>5</b>	<b>KEHON KOOSTUMUKSEN YHTEYDET KESTÄVYSSUORITUSKYKYYN</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>TESTOSTERONIN, KORTISOLIN JA IGF-1:N MUUTOKSET YHDISTETYN KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELUN SEURAUKSENA</b>	<b>27</b>
6.1	TESTOSTERONI JA KORTISOLI	28
6.2	INSULIININ KALTAINEN KASVUTEKIJÄ (IGF-1)	29
<b>7</b>	<b>TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>TUTKIMUSMENETELMÄT</b>	<b>34</b>
8.1	TUTKIMUSASETELMA	34
8.2	KOEHENKILÖT	35
8.3	HARJOITTELU	36
8.3.1	Kestävyysharjoittelu	37
8.3.2	Yhdistelmäharjoitus	39
8.3.3	Voimaharjoittelu	41
8.4	MITTAUSMENETELMÄT	43
8.5	TILASTOLLISET MENETELMÄT	48
<b>9</b>	<b>TULOKSET</b>	<b>50</b>
9.1	KESTÄVYSSUORITUSKYKY	50
9.1.1	12-minuutin juoksuproovi	50

9.1.2	Taakankantotesti	51
9.2	KEHON KOOSTUMUS	55
9.3	HORMONIT	55
9.4	ERI MUUTTUIEN VÄLISET YHTEYDET KESTÄVYSSUORITUSKYKYYN	56
9.5	KESTÄVYSSUORITUSKYVYN JA FYSIOLOGISTEN VASTEIDEN MUUTOSTEN VÄLISET YHTEYDET	58
<b>10</b>	<b>POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>60</b>
10.1	TULOSTEN YKSILÖKOHTAINEN ARVIOINTI	61
10.2	MUUTOKSET HORMONIPITOISUUKSISSA	64
10.3	12-MINUUTIN JUOKSUTESTIN JA KEHON KOOSTUMUKSEN YHTEYDET TAAKANKANTOKYKYYN	65
10.4	YHDISTETYN KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELUN SOVELTAMINEN SOTILAILLE	67
10.5	TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS	71
10.6	JATKOTUTKIMUSEHDOTUKSET	73
10.7	JOHTOPÄÄTÖKSET	74

## **LÄHTEET**

## **LIITTEET**

# **SOTILAAN KESTÄVYYSSUORITUSKYKY JA SEN KEHITTÄMINEN KORKEA- TAI MATALATEHOISELLA KESTÄVYYSHARJOITTE- LULLA YHDISTETTYNÄ VOIMAHARJOITTELUUN**

## **1 JOHDANTO**

Sotilaiden on kyettävä taistelukentällä suorittamaan monia fyysisesti vaativia tehtäviä vaihtelevissa maastoissa. Tehtävien suorittamisen nopeus vaikuttaa taistelukykyyn ja taistelussa selviämiseen. (Harman ym. 2008; Knapik ym. 2012.) Lisäksi sotilaiden on kyettävä kantamaan toisinaan raskaita taakkoja, etenkin sellaisissa maastoissa, joissa ajoneuvojen käyttö ei ole mahdollista. Taisteluiden lopputuloksen kannalta saattaa olla ratkaisevaa, millä nopeudella vaativista siirtymisistä raskaiden taakkojen kanssa selvitään. (Knapik ym. 2012.) Jotta kaikista fyysisesti vaativista tehtävistä varmasti selvitään, taistelijoilla on oltava korkea hapenotto-kyky, jonka tulisi olla vähintään 50–55 millilitraa painokiloa kohden minuutissa. Heillä on oltava myös kyky toimia useita vuorokausia kestävässä taisteluissa. Taistelijoiden on kyettävä kantamaan 25 kg:n taisteluvälineistöä ja lisäksi 35–40 kg painavaa kenttävälineistöä. Kokonaiskuormaksi voi tällöin tulla 45–55 prosenttia taistelijan kokonaispainosta. Kestävyysominaisuuksien lisäksi sotilas tarvitsee hyvää koordinaatiokykyä, lihastasapainoa ja voimaa. (Malmberg ym. 2003,4.)

Maavoimien uudistetussa taistelutavassa korostuu yksilön merkitys taisteluiden onnistumiselle. Jalkaväen taistelu kulminoituu entistä enemmän yksittäisen ihmisen tilannetietoisuuden, liikkuvuuden ja tulivoiman ympärille. (Valkeajärvi 2012, 9.) Taistelutavan valintaa mietittäessä tulisi painottaa ja arvioida, miten joukossa oleva yksilö kykenee suoriutumaan käsketyistä tehtävistä. Tällöin on arvioitava onko sotilaiden fyysinen toimintakyky sillä tasolla, jota sodan ajan tehtävissä vaaditaan. (Vaara 2013, 55.) Vuonna 2003 tehdyn reserviläistutkimuk-

sen perusteella reservin fyysinen kunto on terveyden ja taistelukelpoisuuden näkökulmasta keskimäärin riittämätön. Tämä johtuu lihavuuden yleistymisestä, välttävästä maksimaalisesta hapenottokyvystä ja heikentyneestä yläraajojen ja selän lihaskunnosta. (Malmberg ym. 2003, 77) Vuoden 2008 reserviläistutkimuksen havaintona oli, että vain noin puolet reserviläisistä oli maksimaaliselta hapenottokyvyltään sijoituskelpoisia heidän nykyisiin sodan ajan tehtäviinsä (Vaara ym. 2008, 58).

Persianlahden sodan kokemusten perusteella oli havaittavissa, että taistelijoiden fyysinen suorituskky laski nopeasti pitkien taistelujaksojen aikana. Fyysisen kunnan harjoittamiseen tai palautumiseen ei ollut riittävästi aikaa. Tämän vuoksi sotilaiden fyysinen kunto tulisi olla hyvällä tasolla jo ennen taistelujen alkamista. Jokaisen aselajin taistelijoiden on oltava hyvässä kunnossa, koska kaikkein aselajien toiminta on riippuvainen toisistaan. (Malmberg ym. 2003, 4.)

Boothin ym. (2006) tutkimuksessa tuli esille sotilaiden ylikuormittuminen 45 vuorokautta kestävästä alokaskoulutuksen aikana. Tutkittavien hormonipitoisuuksissa, veren rauta-arvoissa, immunitetiivyyssä ja mielialassa esiintyi ylirasitustilaan viittaavia muutoksia koulutuksen aikana. Muutosten selittävinä tekijöinä ei voida pitää ainoastaan fyysistä rasitusta vaan unen vähyys vaikutti mahdollisesti eniten hormonipitoisuuksien muutoksiin. Koehenkilöiden fyysinen rasitus ei ollut tutkimusjakson aikana merkittävän voimakasta. Kuitenkin myös harjoittelun kuormittavuudesta johtuvia ylirasituksen oireita havaittiin. Tutkittavilla ilmeni lisääntyntä vamma-alttiutta ja väsymystä. Molloy ym. (2012) mukaan Yhdysvaltojen armeijan alokkaiden heikko fyysinen kunto altistaa lihasvammojen syntymiselle. Tutkijat esittävät, että heikossa fyysisessä kunnossa olevat alokkaat aloittaisivat valmistavan harjoittelun jo ennen alokaskauden aloittamista. Muutoin ei voida riittävän tehokkaasti ehkäistä vammoja, joita alokaskauden rasitukset aiheuttavat.

Sotilaallisen suorituskvyn testeissä parhaita tuloksia on saavutettu yhdistetyllä voima- ja kestävyysharjoittelulla (Harman ym. 2008; Hendrickson ym. 2010; Knapik ym. 2012) sekä lisätyillä taakankantoharjoituksilla (Harman ym. 2008; Knapik ym. 2012). Yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua on tutkittu laajasti, mutta tulokset ovat ristiriidassa keskenään (Kraemer, ym. 1995; Hoff, ym. 2002; Millet ym. 2002; Harman ym. 2008; Taipale ym. 2012). Osassa tutkimuksista on huomattu, että voiman kehittyminen heikkenee, jos kestävyysharjoittelua pidetään mukana ohjelmassa (Hickson 1980; Leveritt 1999; Harman ym. 2008). Kestä-

vyhyssuorituksen taloudellisuudessa on kuitenkin havaittu parannusta, jos kestävyysharjoittelun ohella tehdään myös korkeatehoista voimaharjoittelua (Hoff, ym. 2002; Aagaard & Andersen 2010; Helgerud 2012). Erityisesti maksimivoimaharjoittelulla on saavutettu hyviä tuloksia muun muassa kestävyyssuorituksen taloudellisuudessa (Stone ym. 2006; Hoff ym. 1999; Aagaard & Andersen 2010). Myös räjähtävään voimaan keskittymällä on kyetty lisäämään kestävyyssuorituksen taloudellisuutta (Paavolainen ym. 1999). Useissa tutkimuksissa on havaittu, että korkeatehoinen intervalliharjoittelu on parantanut kestävyyssuorituskykyä ja maksimaalista hapenottoa jo muutaman viikon harjoittelun jälkeen (Helgerud ym. 2007; Gibala & McGee 2008).

Sotilaiden on pyrittävä kehittämään samanaikaisesti useita fyysisiä ominaisuuksia, jotka ovat tärkeitä taistelukentällä toimittaessa. Valmennusopillisesti tämä asettaa haasteita, koska usean ominaisuuden samanaikainen kehittäminen on vaikeaa. Kehon kokonaisvaltainen hallinta ja kyky toimia vaativissa tehtävissä pitkään ovat tärkeitä ominaisuuksia taistelukentän alati muuttuvissa olosuhteissa. Pelkkä kestävyys- tai voimaharjoittelu ei siis riitä vastaamaan fyysisiin haasteisiin, joita sotilas kohtaa taistelukentällä. Reserviläisten fyysinen toimintakyky on erittäin vaihteleva, joten mahdollinen harjoitteluohjelma tulisi olla sovellettavissa laajalle joukolle. On mahdollista, että reserviläisten fyysisen toimintakyvyn kehittämiseen ei ole aikaa kuin muutama viikko ennen kriisitilanteen puhkeamista, jonka aikana myös joukon kokonaisvaltainen suorituskyky on saatava taisteluissa vaadittavalle tasolle. On siis tärkeää tutkia mahdollisimman laajasti vaihtoehtoja, joilla reservin fyysistä suorituskykyä voidaan kehittää tarvittaessa nopeastikin. Reserviläisten fyysisen kunnon tulisi olla vähintään kohtuullisen hyvällä tasolla jo ennen kriisin puhkeamista, koska lyhyessä ajassa fyysistä suorituskykyä kyetään nostamaan vain rajallisesti.

Reservin fyysisen suorituskyvyn tutkimuksessa ilmenneen reserviläisten heikon kestävyyskunnan vuoksi sodan ajan tehtävään valmistautumisessa on painotettava kestävyyskunnan osuutta. Kuitenkin sotilas tarvitsee tehtävissään myös voimaa ja muita fyysisiä ominaisuuksia, kuten aikaisemmin tuli esille. Korkeatehoisella kestävysharjoittelulla on kyetty tutkimusten perusteella nopeasti parantamaan maksimaalista hapenottoa (Helgerud ym. 2007; Gibala & McGee 2008) ja voimaharjoittelulla on kyetty lisäämään suorituksen taloudellisuutta (Aagaard & Andersen 2010) ja laktaatin puskurointikykyä (Marcinik ym. 1991). Tutkimuksissa ei ole kuitenkaan tullut esille, miten kestävysharjoittelun teho vaikuttaa sotilaallisen kestävyys-suorituskyvyn kehittymiseen, kun harjoitellaan samanaikaisesti kestävyttä ja voimaa.



Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, vaikuttaako kestävyysharjoittelun intensiteetti yhdistettynä voimaharjoitteluun maksimaaliseen ja submaksimaaliseen kestävyys suorituskykyyn, hormonivasteisiin sekä kehon koostumukseen lyhyellä aikavälillä. Lisäksi tarkoituksena on selvittää, onko 12-minuutin juoksutestin ja taakankantotestin tuloksilla yhteyttä keskenään, jotta voidaan tehdä päätelmiä, miten hyvin puolustusvoimissa yleisessä käytössä oleva 12-minuutin juoksutesti soveltuu maksimaalisen ja submaksimaalisen taakankantokyvyn arviointiin.

## 2 KESTÄVYYS

### 2.1 Lihaksen energia-aineenvaihdunta

Lihaksen supistumiseen tarvitaan energiaa, jota elimistö tuottaa adenosiinitrifosfaatin (ATP:n) muodossa. Lihaksen ATP-pitoisuus on alhainen, joten sitä täytyy muodostaa jatkuvasti lisää. ATP:n tuotantoon on olemassa kolme reittiä: kreatiinifosfaattivarastot, glukoosin ja glykokeenin anaerobinen ja aerobinen pilkkominen sekä rasvojen pilkkominen. (Nummela 2004, 97.) Aerobisessa energiatuotossa energiaa (ATP:ta) muodostetaan hapellisesti hiilihydraateista, rasvoista ja proteiineista. Anaerobisessa energiantuotossa ATP:tä muodostetaan ilman happea kreatiinifosfaateista (KP) sekä hiilihydraateista, josta energian muodostaminen tapahtuu anaerobisen glykolyysin avulla. Anaerobisen ja aerobisen energiantuoton osuuteen maksimaalisen suorituksen aikana vaikuttaa suorituksen teho, kesto, suoritustapa ja harjoitustausta. Suorituksen pidentyessä aerobisen energiantuoton osuus kasvaa kokonaisenergiantuotosta. (Gastin 2001.)

Anaerobisen kapasiteetin merkitys suorituskyykyä selittävänä tekijänä pienenee merkittävästi suorituksen keston pidentyessä yli kahden minuutin. Maksimaalinen aerobinen teho eli maksimaalinen hapenottoakyky on tärkeä suorituksissa, jotka kestävät yhtäjaksoisesti 5–40 minuuttia. (Nummela 2004, 105.) Laktaatin puskurointikyky on tärkeä lyhyissä nopeus- ja voimaleikeissä, jotka kestävät 60–180 sekuntia (McArdle ym. 2007, 166).

Maitohappoa tuotetaan lyhytkestoisissa suorituksissa suorassa suhteessa työskentelevien lihasten massaan ja suorituksen intensiteettiin. Tuotettu maitohappo hajoaa nopeasti vety- ja laktaatti-ioneiksi, jotka kulkeutuvat tai diffusoituvat lihassolukalvon läpi verenkiertoon ja kehon muihin nesteisiin. Laktaattia tuotetaan pääasiassa lihassoluissa, mutta lihassolut osallistuvat myös laktaatin poistoon verenkierrosta. Nopeat Iia- ja Iib-tyypin lihassolut tuottavat suurelta osin laktaattia, mutta hitaat I-tyypin lihassolut kykenevät paremmin käyttämään laktaattia hyödyksi palorypälehapon uudismuodostuksessa. Laktaattipitoisuuden kasvaessa laktaatin siirtyminen lihaksiin nopeutuu. Suurin osa laktaatista siirtyy sydänlihakseen ja maksaan, joissa sitä käytetään energianmuodostuksessa. (Nummela 2004, 98–99.) Harjoittelemattomilla henkilöillä laktaattia alkaa muodostua 55 prosentin teholla henkilön maksimaalisesta hapenottoakyvystä. Laktaatin muodostuminen alkaa kudosten hapenpuutteesta, jolloin laktaatin

tuotanto kiihtyy. Jos elimistö ei kykene poistamaan laktaattia samassa suhteessa sen tuotannon kanssa, sitä alkaa muodostua verenkiertoon yhä enemmän. (McArdle ym. 2007, 167.)

## 2.2 Kestävyyssuorituskyky

Kestävyyssuorituskyvyn merkitys korostuu silloin, kun kuormituksen kesto ylittää kaksi minuuttia. Kestävyyssuorituskykyä vaaditaan myös suorituksissa, joissa lyhyt kuormitus toistuu useasti pitkällä aikavälillä. (Nummela ym. 2004, 333.) Kestävyyssuorituskykyyn vaikuttavat maksimaalinen hapenottokyky, laktaattikynnys ja taloudellisuus (Joyner & Coyle 2008, Helgerud 2012). Korkealla laktaattikynnyksellä kyetään pitämään yllä mahdollisimman korkeaa hapenkulutusta pitkäkestoisen suorituksen aikana. Maksimaalinen hapenottokyky kertoo suorituksen tehosta ja taloudellisuus ilmenee siten, että kyetään etenemään nopeasti alhaisella hapenkulutuksella. (Joyner & Coyle 2008.) Eri energiantuottomekanismien teho ja kapasiteetti ovat myös kestäväyyssuorituskykyyn merkittävästi vaikuttavia tekijöitä. Hyvä suorituskyky etenkin pitkäkestoisissa suorituksissa edellyttää suurta aerobista tehoa ja taloudellisuutta, mutta suorituksen keston pidentyessä myös energiavarastojen koon merkitys kasvaa. (Nummela 2004, 97.)

Hyvät kestävyysurheilijat ovat taloudellisempia lähellä kilpailuvauhtia kuin tulostasoltaan heikommat urheilijat. Hyvä maksimaalinen hapenottokyky on vain tekijä, joka auttaa saavuttamaan korkean suorituskyvyn, mutta ei selitä yksistään kestäväyyssuorituskykyisyyttä eikä menestymistä kilpailuissa. Todellinen suorituskyvyn mittari on saavutettu työskentelyteho (juoksuvauhti) ei maksimaalinen hapenottokyky. (Vuorimaa 2007.) Juoksun taloudellisuus tai juoksumattotestissä mitattu juoksusuorituskyky ovatkin mahdollisesti parempia mittareita kestäväyyssuorituskyvylle kuin maksimaalinen hapenottokyky (Paavolainen ym. 1999).

Kestävyysurheilijoiden on kyettävä ylläpitämään kovaa nopeutta kilpailusuorituksen aikana. Tämä edellyttää hyvää hermolihaskäytön voimantuottokykyä. (Paavolainen ym. 1999.) Hermolihasjärjestelmän suorituskyky on tärkeässä asemassa esimerkiksi kovavauhtisessa juoksusuorituksessa. Keskushermoston väsymisen on havaittu heikentävän lihastoimintaa, jolla on vaikutusta erityisesti kovavauhtiseen kestävyysjuoksusuoritukseen. (Berg 2003.)

Sotilailta vaadittavat kestävyysominaisuudet eroavat normaaleista oman kehon painolla tapahtuvista kestävyysominaisuuksien vaatimuksista. Sotilaat joutuvat kantamaan mahdollisesti raskaita taakkoja pitkiä matkoja, joten voimaominaisuuksien vaatimukset lisääntyvät. (Knapik ym. 2012). Erilaisilla taakankantotesteillä voidaan mitata erityisesti taistelukentällä vaadittavia kestävyys- ja voimaominaisuuksia (Santtila ym. 2010.) Taakankantokykyä ei voi täysin luotettavasti mitata ainoastaan oman kehon painolla tapahtuvilla testeillä, koska oman kehon kuljetettava massa on pienempi ja taakan painon vuoksi suoritukseen vaikuttavat ominaisuudet muuttuvat. Taakankantokykyyn vaikuttavat siis sekä voima- että kestävyysominaisuudet eri tavoin kuin ilman taakkaa tapahtuvissa suorituksissa (Koerhuis ym. 2009; Santtila ym. 2010). Tutkimuksissa on havaittu, että marssittaessa yli 40 kg painavan taakan kanssa, lihasvoimasta tulee suoritusta rajoittava tekijä yhdessä aineenvaihdunnallisten tekijöiden kanssa (Koerhuis ym. 2009).

### 2.2.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Maksimaalinen hapenottokyky ( $VO_{2max}$ ) kertoo henkilön maksimaalisesta hapenkulutuksesta, joka saavutetaan tietyllä työteholla. Maksimaalinen hapenottokyky saavutetaan siinä vaiheessa, kun lisätty kuormitus ei enää nosta hapenkulutuksen tasoa. (McArdle ym. 2007, 171) Maksimaalinen hapenottokyky on yksi tärkeimmistä indikaattoreista, joka kertoo henkilön kyvystä ylläpitää korkeatehoista kestävyysuoritusta yli 4–5 minuutin ajan (McArdle ym. 2007, 171). Kestävyysurheilusuorituksessa, jonka kesto on alle kahdeksan minuuttia, maksimaalinen hapenottokyky on tärkein suoritukseen vaikuttava tekijä. Intensiteetin kasvaessa yli maksimaalisen hapenottokyvyn tason anaerobisen energia-aineenvaihdunnan merkitys kasvaa. (Jung 2003.) Moni kestävyyslaji edellyttää korkeaa hapenottokykyä ja se onkin hyvä suorituskyvyn ennustaja erityisesti harjoittelemattomilla henkilöillä (Paavolainen ym. 1999). Ramsbottom ym. (1987) raportoivat, että maksimaalinen hapenottokyky ennustaa parhaiten viiden km:n juoksusuorituskykyä hyväkuntoisilla kuntoilijoilla. Taloudellisuuden merkitys suorituskkyä selittävänä tekijänä oli vähäinen kuntoilijoiden keskuudessa.

Kestävyysurheilussa korkea maksimaalinen hapenottokyky on vain yksi tekijä, joka auttaa saavuttamaan korkean suorituskyvyn. Se ei kuitenkaan osoita yksistään kestävyysuorituskykyisyyttä eikä menestymistä kilpailuissa (Jung 2003; Vuorimaa 2007). Korkeaa maksimaalista hapenottokykyä pidetään avaintekijänä kestävyysuorituksessa etenkin silloin, jos urheilija

kykenee pitämään hapenkulutuksensa lähellä maksimiaan koko urheilusuorituksen ajan (Jung 2003). Harjoittelemattomilla henkilöillä maksimaalista hapenottokykyä voidaan kehittää nousujohteisesti kolme kertaa viikossa tehtävillä kestävyysharjoituksilla. Kehitystä voi tapahtua nousujohteisesti 10 viikon ajan. (McArdle ym. 2007, 494–495.)

Suorituksen alussa muodostuu happivajetta, johon vaikuttaa henkilön maksimaalisen hapenottokyvyn taso. Tasavauhtisen suorituksen jatkuessa sekä hapenkulutus, että sydämen syke kasvavat vähitellen. Tähän vaikuttavat muun muassa lämmönsäätelyn aiheuttamat kuormitukset elimistölle. Hapenkulutuksen ja sydämen sykkeen kasvu ovat vähäisempiä hyvin harjoitelluilla kestävyysurheilijoilla kuin harjoittelemattomilla henkilöillä. (Nummela 2004, 105–106.)

12-minuutin juoksutestillä voidaan arvioida epäsuorasti maksimaalista hapenottokykyä. Testissä juostaan 12 minuutin aikana niin pitkä matka kuin mahdollista. (McArdle ym. 2007, 249.) Maksimaalinen hapenottokyky edustaa parhaiten hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa ja 12-minuutin juoksutesti on yksi tapa mitata sitä luotettavasti. Jotta juoksutestin perusteella voidaan arvioida todellinen hapenottokyvyn maksimiarvo, testattavien henkilöiden on oltava motivoituneita suorittamaan testi maksimaalisella yrityksellä. (Cooper 1968.) 12-minuutin juoksutestin ja maksimaalisen hapenottokyvyn välinen korrelaatio on 0.90 (McArdle ym. 2007, 249).

### 2.2.2 Laktaattikynnys

Laktaatin tuotanto kiihtyy, kun suorituksen intensiteetti kasvaa eikä elimistö kykene enää hapen avulla tuottamaan energiaa. Laktaattikynnys (anaerobinen kynnys) kuvaa tasoa, jolloin elimistö ei kykene enää poistamaan laktaattia vaan sitä alkaa kerääntyä nopeasti. Hyvin harjoitelluilla kestävyysurheilijoilla ja harjoittelemattomilla henkilöillä laktaatin tuotto tapahtuu samalla tavalla, mutta kestävyysurheilijoilla kynnys on prosentuaalisesti korkeammalla henkilön maksimaaliseen hapenottokykyyn nähden (McArdle ym. 2007, 168). Laktaattikynnyksen taso on ylitetty silloin, kun laktaattipitoisuus kohoaa yli 4 mmol litrassa verta (McArdle ym. 2007, 300).

Laktaattikynnys toimii yhtenä kestävyysuorituskyvyn osoittajana. Mitä korkeampi laktaattikynnys on, sitä parempi on aerobinen kestävyysuorituskyky. (Wilmore & Costill 2004, 198–

199; McArdle ym. 2007, 302.) Jos veren laktaattipitoisuutta kyetään vähentämään samalla työteholla tehtävässä suorituksessa, kysymys on todennäköisesti vähentyneestä laktaatin tuotannosta ja kyvystä poistaa laktaattia verenkierrosta (Wilmore & Costill 2004, 198–199). Laktaattikynnyksen tasoon vaikuttavat vähäinen kudosten happipitoisuus, glykolyysin voimakkuus, nopeiden lihassolujen aktivaatio ja vähentynyt laktaatin poistokyky. Geneettisen perimän vaikutukset kuten lihassolujakauma ja veren hapenkuljetusominaisuudet vaikuttavat myös laktaattitason kohoamiseen. Hitaat lihassolut toimivat aerobisesti, jolloin ne tuottavat vähemmän laktaattia kuin nopeat lihassolut. Harjoittelemalla voidaan vaikuttaa laktaatin tuotannon vähenemiseen ja laktaatin poistoon. Tällöin harjoittelun on keskityttävä sille alueelle, jolta laktaatin tuottoa halutaan vähentää tai poistoa nopeuttaa. (McArdle ym. 2007, 167–168.)

Laktaattipitoisuuksien määrittäminen kontrolloidulla nopeudella tai teholla on erittäin hyvä keino mitata fysiologisia muutoksia elimistössä. Jos kestävyysharjoittelu on onnistunut, laktaattipitoisuudet samalla nopeudella tai teholla ovat alentuneet harjoitusjakson jälkeen. (Wilmore & Costill 2004, 199.) Laktaattipitoisuuksien avulla voidaan määrittää myös submaksimaalisen kestävyys-tasot (Keskinen 2010, 111). Veren laktaattitaso kuvaa kuormituksen tehoa tarkasti vain aerobisen ja anaerobisen kynnyksen välisellä alueella (2–4 mmol/l laktaattitasoilla), koska alhaisella intensiteetillä laktaattipitoisuus pysyy tehon nähden melko vakiona, mutta kovemmilla tehoilla se puolestaan kasvaa jatkuvasti (Hopkins 1991).

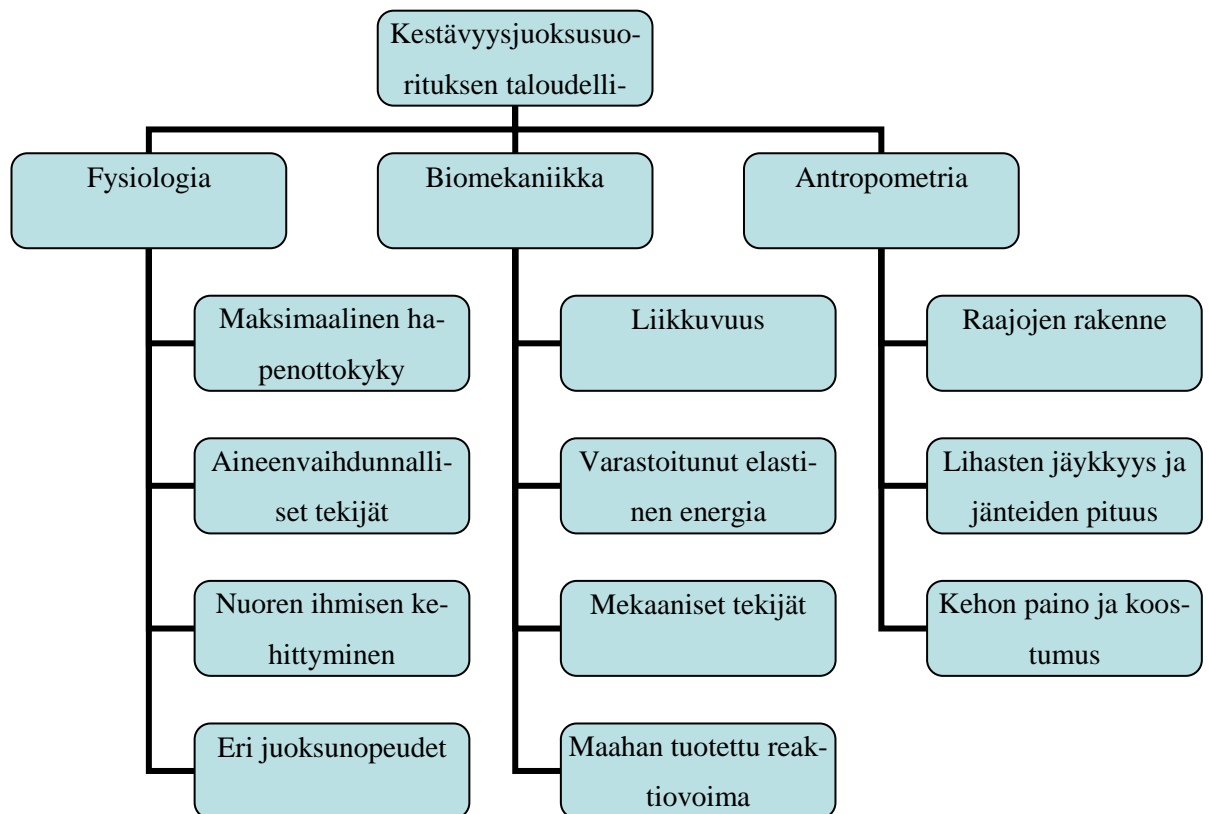
### 2.2.3 Taloudellisuus

Kestävyys-suorituksen taloudellisuus voidaan määritellä hapenkulutuksena tietyllä submaksimaalisella vauhdilla (Saunders 2004; Joyner & Coyle 2008; Ferrauti ym. 2012). Taloudellisuutta voidaan parantaa lisäämällä lihaksen voimantuottonopeutta, jolloin relaksaatiovaihe pitenee (Joyner & Coyle 2008; Ferrauti ym. 2012). Vahvemman lihaksen tuottama voima siis lisää suorituksen taloudellisuutta, jolloin hapenkulutus alenee samalla submaksimaalisella vauhdilla (Aagaard & Andersen 2010; Helgerud 2012).

Saundersin ym. (2004) mukaan kestävyysjuoksusuorituksen taloudellisuus koostuu useista eri tekijöistä, jotka voidaan jakaa fysiologisten, antropometristen ja biomekaanisten tekijöiden mukaan. Fysiologisista tekijöistä taloudellisuuteen vaikuttavana osa-alueena voidaan mainita esimerkiksi maksimaalinen hapenottokyky. Antropometriset tekijät koostuvat raajojen ja li-

hasten rakenteesta sekä kehon painosta ja kehon koostumuksesta. Biomekaanisiin tekijöihin liittyvät voimantuottonopeus, liikkuvuus ja elastisuus. (Kuva 1).

Voimaharjoittelulla voidaan suorituksen taloudellisuutta parantaa, kuten aikaisemmin tuli esille, mutta on epäselvää, miten esimerkiksi kuuden viikon juoksuharjoittelulla voidaan vaikuttaa taloudellisuuteen. Vaikka suorituskyyvyssä saavutettaisiinkin parannusta juoksuharjoittelulla, taloudellisuuden osuutta on vaikea määritellä. Pitkällä aikavälillä juoksuharjoittelulla on todettu olevan taloudellisuutta parantava vaikutus, mutta esimerkiksi juoksutekniikkaa kehittämällä ei ole havaittu lyhyellä aikavälillä parannusta taloudellisuudessa. (McArdle ym. 2007, 211.) Kuitenkin Helgerud ym. (2007) raportoivat, että kovavauhtisella juoksulla voidaan lisätä taloudellisuutta lyhyessäkin ajassa.



KUVA 1: Kestävyysjuoksusuorituksen taloudellisuuteen vaikuttavat tekijät (Saunders ym. 2004.)

### 3 KESTÄVYYSHARJOITTELU

Kestävyysharjoittelu lisää hapenkuljetusta aktiivisille lihaksille, kehittää maksimaalista sydämen minuuttitilavuutta ja lisää veren nopeampaa kulkeutumista suonissa. Kestävyysharjoittelulla voidaan lisäksi tehostaa sydänlihaksen supistumiskykyä ja nostaa veren kokonaismäärää. Aerobisella teholla tehtävä harjoittelu lisää mitokondrioiden kokoa ja määrää, aerobisten entsyymien laatua, lihasten hiussuonitusta sekä rasvan ja hiilihydraatin hapetuskykyä. Nämä kaikki mekanismit lisäävät ATP:n aerobista energiantuottoa. (McArdle ym. 2007, 477–481.) Aerobisen harjoittelun myötä pitkäkestoinen submaksimaalinen suorituskky paranee ja maksimaalinen aerobinen kapasiteetti kasvaa. Aerobisen harjoittelun seurauksena myoglobiinin määrä voi lisääntyä lihaksissa 75–80 prosenttia. Myös mitokondrioiden koko ja tehokkuus paranevat, jonka vuoksi ATP:n tuottokky paranee. (Ross & Janssen 2007, 186–189.)

Kestävyysharjoittelu kehittää sekä keskus- että ääreisverenkiertoa ja lisää lihasten kykyä käyttää enemmän ATP:tä hyödykseen. Tutkimuksissa on havaittu monia aineenvaihdunnallisia ja hormonaalisia muutoksia päivien ja viikkojen kestävyysharjoittelun jälkeen. (Wilmore & Costill 2004, 186.) Kestävyysharjoittelu rasittaa enemmän hitaita lihassoluja, jolloin niiden koko kasvaa ja määrä lisääntyy hieman. Lihaksien solutasolla tapahtuu seuraavia muutoksia: kapillaarien määrä lisääntyy, myoglobiinin osuus voi kasvaa 75–80 prosenttia, mitokondrioiden koko ja määrä kasvaa ja monien hapellisten entsyymien aktiivisuus kasvaa. Nämä tekijät vaikuttavat lihasten hapenkäyttöominaisuuksiin ja parantavat sitä kautta kestävyttä (Wilmore & Costill 2004, 191).

Yksi tärkeimmistä aerobisen suorituskyyyn kehittymiseen vaikuttavista tekijöistä on lihassäikeiden ympärillä olevien kapillaarien määrän lisääntyminen. Kapillaarit lisääntyvät pitkän ajan harjoittelun vaikutuksesta jopa 15 prosenttia. Kapillaarien lisääntymisen vuoksi aineenvaihdunta tehostuu lihaksessa. Kuitenkin hapen diffuusio kapillaareista mitokondrioihin on suurin hapenkulutusta rajoittava tekijä. (Ross & Janssen 2007, 187–188).

Kestävyysharjoittelulla voidaan kasvattaa sydämen vasemman kammion kokoa alle kolmessa kuukaudessa. Vasemman kammion diastolisen vaiheen kasvuun voidaan vaikuttaa jo yhden viikon kestävyysharjoittelulla harjoittelemattomilla henkilöillä. Nämä muutokset sydämen koossa ja toiminnassa lisäävät sydämen iskutilavuutta ja sen seurauksena hapenottokky paranee. (Goodman 2000, 69.) Tummavuoren (2004) 6,5 vuoden seurantatutkimuksessa havait-



tiin, että pitkäaikaisella kestävyysharjoittelulla on sydämen loppudiasistolisen läpimitan kasvua (EDD:n) lisäävää vaikutusta. Tutkimus toteutettiin nuorille hiihtäjille, jotka olivat 16-vuotiaita osallistuessaan tutkimukseen. 16–19 ikävuosien aikana EDD kasvoi, mutta sen kasvu tasaantui 19 ikävuoden jälkeen. 19 ikävuoden jälkeen sydämen seinämät paksuuntuivat, mutta EDD:n kasvua ei enää tapahtunut merkittävästi. Sydämen EDD:n kasvu ja maksimaalinen hapenottokyky nousivat koehenkilöillä samassa suhteessa. Maksimaalisessa hapenottokyvyssä ei saavutettu progressiivistä kehitystä 19 ikävuoden jälkeen johtuen todennäköisesti harjoitteluun tulleista keskeytyksistä varusmiespalveluksen ja opintojen vuoksi. On todennäköistä, että harjoittelulla on kyetty vaikuttamaan EDD:n kasvuun jo ennen 16 ikävuotta ja sen jälkeinen kasvu on vähäisempää. On myös mahdollista, että harjoittelun teho ja määrä eivät nousseet progressiivisesti vaan tasaantuivat tietylle tasolle. Kuitenkin toiminnallisia muutoksia maksimaalisessa hapenottokyvyssä ilmeni myöhemminkin ilman sydämen koon muutoksia eri harjoituskausista riippuen. On todennäköistä, että harjoittelun jatkuessa ja lisääntyessä teholtaan sekä määrältään, myös sydämen EDD:n kasvu jatkuisi ja seinämien hypertrofia lisääntyisi. Tämän seurauksena myös maksimaalisen hapenottokyvyn arvot mahdollisesti kohoisivat kansainväliselle huipputasolle. (Tumnavuori 2004, 102–104.)

### 3.1 Kestävyysharjoitusvasteen yksilölliset erot

Aerobisen ja anaerobisen energiantuoton suhde vaihtelee eri ihmisten välillä. Energiantuoton suhteeseen vaikuttavat lihassolujakauma, elimistön hapenkuljetuskyky, suorituksen teho, suorituksen kesto ja harjoittelutausta. Jos henkilöllä on paljon hitaita lihassoluja ja hän omaa hyvän hapenkuljetuskyvyn ja hän kykenee hyödyntämään aerobista energiantuottoa tehokkaasti. (Nummela 2004, 104.) Yksilölliset erot kestävyysharjoittelun tuloksissa ovat merkittäviä. Samalla ohjelmalla tehty kestävyysharjoittelu saattaa tuottaa eri henkilöillä jopa 50 prosentin eron harjoittelun vaikuttavuudessa (Wilmore & Costill 2004, 187). Aerobisen kunnan lähtötaso vaikuttaa aerobisen suorituskyvyn paranemiseen. Aerobinen kapasiteetti paranee keskimäärin 15–20 prosenttia kahden tunnin päivittäisellä harjoittelulla neljän viikon aikana normaalkuntoisilla miehillä. (Ross & Janssen 2007, 186.) Harjoittelemattomille henkilöille on saatu eri tutkimuksissa samanlaisia vaikutuksia erittäin vähäisellä määrällä korkeatehoista harjoittelua kuin matalatehoisella pitkäkestoisella harjoittelulla. Tutkimuksissa harjoittelun kokonaisenergiankulutus on tyypillisesti ollut korkeatehoisella harjoittelulla alhaisempi kuin matalate-

hoisella harjoittelulla, mutta harjoittelun vaikutukset elimistön entsyymiaktiivisuuksiin ja kestävyystestien tuloksiin ovat olleet samankaltaisia. (Gibala & McGee 2008; McKay ym. 2009.)

Lihastyypit eroavat toisistaan muun muassa energiavarastojen ja entsyymiaktiivisuuksien perusteella. Hitaissa lihassoluissa on runsaasti solunsisäisiä triglyseridejä, hiussuonistoa, mitokondrioita ja myoglobiinia sekä runsaasti aerobiseen energiantuotantoon osallistuvia entsyymejä. Nopeissa lihassoluissa on sen sijaan runsaasti fosfokreatiinia ja glykogeenia. Niissä anaerobisten ja glykolyyttisten entsyymien aktiivisuus on suuri. Lihassolujen ominaisuuksia voidaan muokata harjoittelun avulla. Esimerkiksi tyypin II-a lihassoluja voidaan muokata joko aerobiseen tai anaerobiseen suuntaan. Kevyessä kuormituksessa ihminen käyttää pääasiassa hitaita lihassoluja, kohtalaisessa rasituksessa käytetään myös tyypin II-a lihassyitä ja raskaassa kuormituksessa ovat käytössä kaikki lihassolutyypit. (Fogelholm 2010, 22–23.)

### 3.2 Korkeatehoinen kestävyys harjoittelu (HIT)

Korkeatehoista intervalliharjoittelua on käytetty useita vuosia anaerobisen kapasiteetin kehittämiseen, jossa tarkoituksena on kehittää nopeutta ja laktaatin tuottokykyä. Tätä harjoittelutapaa voi kuitenkin käyttää myös aerobisen toiminnan kehittämiseen. Nopeatempoiset toistuvat vedot lyhyellä palautuksella tuottavat saman aerobisen harjoitusvaikutuksen kuin pitkäkestoinen jatkuva korkeatehoinen harjoitus. (Wilmore & Costill 2004, 195.) Korkeatehoisessa intervallikuormituksessa yksittäiset suoritukset toistuvat useaan kertaan lyhyen palautuksen jälkeen. Palautusjaksojen aikana poistetaan aineenvaihduntatuotteita kuten laktaattia ja täydennetään suoritukseen käytettyjä energiavarastoja. Intervallikuormituksen energiantuottoon vaikuttavat kuormituksen teho ja kesto sekä palautusjaksojen pituus. (Nummela 2004, 114.)

Intervallit voidaan jakaa lyhyisiin intervaleihin, jotka ovat kestoltaan alle 90 sekuntia ja pitkäkestoisiin intervaleihin, jotka ovat kestoltaan yli 2 minuuttia. Lyhytkestoisissa intervaleissa suorituksesta tulee laktinen, jos yksittäisen kuormituksen kesto ylittää 15 sekuntia ja suorituksen intensiteetti pidetään yli 80 prosentissa vetomatkan maksimista. Yli 30 sekunnin intervallisuorituksissa KP-varastoista saatavan energian osuus vähenee. Pitkäkestoisissa intervaleissa aerobisen energiantuotannon osuus kasvaa ja anaerobisen pienenee suorituksen keston pidentyessä. Palautusjakson aikana poistuu laktaattia ja hapenkulutus laskee. Pitkä palautus lisää anaerobisen energiantuoton osuutta, koska elimistön ”steady-state” tason saavuttaminen

kestää pidempään seuraavassa kuormituksessa. Lyhyillä aktiivisilla palautuksilla voidaan lisätä harjoituksen aerobisen energiantuotannon osuutta. (Nummela 2004, 114.)

Anaerobisessa intervalliharjoittelussa tehdään lyhyitä (10–30 s) maksimaalisia toistoja. Vetojen välinen palautus määrittelee sen, onko harjoitus alaktinen vai laktinen. Mikäli palautus on riittävän pitkä ja välittömät energianlähteet ehtivät palautua, harjoitusta voidaan jatkaa pitkään ilman laktaatin kertymistä ja tehon laskua. Jos työteho on korkea ja palautus työjaksojen välillä lyhyt, laktaattia kertyy hyvin nopeasti elimistöön. Glykolyysin osuus energiantuotossa on anaerobisessa intervalliharjoittelussa pienempi kuin vastaavantehoisessa yhtämittaisessa harjoituksessa. (Billat 2001.)

Kestävyys suorituskyvyssä on havaittu enemmän kehittymistä niillä urheilijoilla, jotka tekevät muun kestävyys harjoittelun yhteyteen korkeatehoisia osioita. Matalatehoinen harjoittelu ei kehitä hermolihasjärjestelmän suorituskykyä eikä korkean tehon suorituksissa vaadittavaa energiatuottokykyä. Korkeatehoinen harjoittelu voi sisältää joko intervallivetoja tai lähellä kilpailuvauhtia olevia tasavauhtisia harjoituksia. (Wilmore & Costill 2004, 195.) Mitä kovemmassa kunnossa urheilija on, sitä korkeatehoisempaa harjoitusmenetelmää on käytettävä maksimaalisen hapenottokyvyn kehittämiseen. Heikkokuntoisilla hapenottokyvyn kehittymistä voi tapahtua jo 40–50 prosentin teholla henkilön maksimaalisesta hapenottokyvystä. Kuitenkin hyvin harjoitelleet kestävyysurheilijat joutuvat tekemään hapenottokykyä kehittävät harjoituksensa lähellä maksimihapenoton ylärajaa. Tällöin suorituksen teho tulee olla vähintään 90–95 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä. (Midgley ym. 2006.) Harjoitusajan tai matkan pidentäminen ei paranna suorituskykyä samassa määrin kuin kovemmat harjoitukset. Kuitenkin myös yksilölliset ominaisuudet vaikuttavat hapenottokyvyn kehittämiseen. (Ross & Janssen 2007, 186)

Useat tutkijat ovat sitä mieltä, että intervalliharjoittelu on avain kestävyys suorituskyvyn kehittymiselle (Midgley ym. 2006; Seiler & Tønnessen 2009). Pelkästään intervalliharjoittelun varaan ei voida kuitenkaan harjoittelua rakentaa. Suhteellisen lyhyet intensiiviset harjoittelujaksot ovat tehokkaita kestävyys suorituskyvyn lisääjiä, joita olisi suositeltavaa pitää ohjelmassa. Pidemmällä aikavälillä tarvitaan kuitenkin kestävyys suorituskyvyn kehittämiseksi paljon peruskestävyys harjoittelua matalalla teholla, mutta myös intervalliharjoittelua on oltava koko ajan ohjelmassa. (Seiler & Tønnessen 2009.) Korkeatehoisen kestävyys harjoittelun vaikutus perustunee osittain voimakkaampaan harjoitusvasteeseen ja harjoittelusta aiheutu-

vaan jälkikulutukseen, jolloin harjoittelun teholla on voitu korvata harjoittelun määrää (Gibala & McGee 2008; Bayati ym. 2011).

Korkeatehoisesta kestävyysharjoittelusta on hyötyä sekä kestävyyskuntoon, että terveyteen. Sen on todettu myös nostavan suorituskyyä nopeasti (Gibala & McGee 2008) ja on havaittu, että intervalliharjoittelu kehittää tehokkaammin maksimaalista hapenottoa kuin perinteinen kestävyysharjoittelu (Helgerud ym. 2007; Gibala & McGee 2008; Seiler & Tønnessen 2009). Perinteisen kestävyysharjoittelun on yleisesti ajateltu olevan aerobisia ominaisuuksia kehittävä harjoittelu. On arvioitu, että lyhytkestoinen intervalliharjoittelu ei sovellu hapelusten entsyymien kehittämiseen. Korkeatehoisella intervalliharjoittelulla on kuitenkin havaittu olevan samanlaisia vaikutuksia kuin perinteisellä kestävyysharjoittelulla. (Gibala & McGee 2008.)

Korkeatehoisella kestävyysharjoittelulla voidaan tehostaa rasva-aineenvaihduntaa, lisätä sydämen iskutilavuutta ja parantaa suorituksen taloudellisuutta. (Helgerud 2012). Perinteinen kestävyysharjoittelu voi sen sijaan tuottaa samoja muutoksia hitaammin, mutta lyhyissä tutkimuksissa näitä vaikutuksia ei ole kyetty osoittamaan. Korkeatehoista intervalliharjoittelua on tutkittu vain lyhyellä aikavälillä, joten pitkäaikaisista adaptaatioista ei ole varmuutta. (Gibala & McGee 2008.) On kuitenkin havaittavissa, että korkeatehoinen intervalliharjoittelu on ajankäytöllisesti tehokas harjoittelumuoto, jolla voidaan ainakin osittain korvata pitkäkestoisia harjoittelua. Harjoittelumuodon on todettu sopivan myös lähtötasoltaan heikossa fyysisessä kunnossa oleville ihmisille. (Gibala ym. 2012.)

Denadain ym. (2006) kestävyysjuoksijoille tekemän tutkimuksen mukaan 95–100 prosentin teholla maksimaalisesta hapenotosta tehty harjoittelu, toistettuna kaksi kertaa viikossa, kehitti neljän viikon aikana juoksun suorituskyyä 5000 metrin matkalla merkittävästi. 1500 metrin matkalla 100 prosentin teholla maksimaalisesta hapenotosta suoritettu harjoittelu kehitti 1500 metrin suoritusta enemmän kuin 95 prosentin teholla tehty harjoittelu. Juoksusuorituskyvyn kehitys perustui kyseisen tutkimuksen mukaan juoksun taloudellisuuden paranemiseen sillä vauhdilla, mitä harjoitetaan anaerobisen kynnyksen alueella.

Gibalan ym. (2012) ja Psilanderin ym. (2002) mukaan lyhyillä 30 sekunnin maksimivedoilla päästiin samoihin tai parempiin tuloksiin kestävyysuorituskykyä kehitettäessä kuin pidempi-kestoilla intervallivedoilla. Psilanderin ym. (2002) mukaan 30 sekunnin maksimivedoilla

saatiin mitokondrioiden toimintaa tehostettua jopa paremmin kuin pitkäkestoisilla 20 minuutin vedoilla. 30 sekunnin maksimivedot saivat aikaan siis samoja tai jopa tehokkaampia vaikutuksia kuin pidempikestoinen korkeatehoinen harjoittelu. Myös Gibala & McGee (2008) ja Bayati ym. (2011) totesivat, että lihasten maksimaalinen käyttö saa aikaan aerobisia reaktioita elimistössä, jotka ovat samankaltaisia kuin pidempikestoisissa harjoituksissa. Useat tutkijat ovat siis sitä mieltä, että vähäinen määrä 30 sekunnin vetoja voisi olla ajankäytöllisesti järkevä harjoittelumuoto myös hyvässä kunnossa oleville urheilijoille (Psilander ym. 2002; Gibala ym. 2012). Kaikissa hyväkuntoisille henkilöille tehdyissä tutkimuksissa ei ole kuitenkaan kyetty kehittämään maksimaalista hapenottokykyä pelkästään 30 sekunnin vedoilla. Esimerkiksi henkilöt, joiden maksimaalinen hapenottokykynsä oli lähtötasoltaan yli  $50 \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$ , eivät kehittyneet 30 sekunnin vedoilla maksimaalisen hapenottokyvyn osalta. (Heinonen 2013.) Helgerudin ym. (2007) kahdeksan viikkoa kestäneessä tutkimuksessa kolme kertaa viikossa suoritetuilla 4 minuutin juoksuvedoilla 90–95 prosentin teholla maksimisykkeestä kyettiin parantamaan 7,2 prosenttia maksimaalista hapenottokykyä myös lähtötasoltaan hyväkuntoisilla henkilöillä. Koehenkilöiden maksimaalinen hapenottokyky oli yli  $55 \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$  ennen harjoittelua. Maksimaalisen hapenottokyvyn paraneminen perustui Helgerudin ym. (2007) mukaan parantuneeseen sydämen iskutilavuuteen, joka kasvoi keskimäärin 10 prosenttia intervalliharjoittelujakson aikana.

Vuorimaan (2007) kestävyysjuoksijoille tehdyn tutkimuksen mukaan suurin hyöty tasavauhtisesta kestojuoksusta saavutetaan silloin, kun juoksijalla on korkea aerobinen kapasiteetti. Kestojuoksulla pyritään kehittämään aerobista energiantuottoa, jolloin vauhti on korkeintaan maksimaalisen hapenkulutuksen tasolla tai sen alapuolella. Tjonna ym. (2008) tutkivat eroja intervalliharjoittelun ja tasavauhtisen harjoittelun välillä metabolisen oireyhtymän potilailla. Korkeatehoinen intervalliharjoittelu neljän minuutin vedoilla 90 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä paransi koehenkilöiden hapenottokykyä enemmän kuin tasavauhtinen harjoittelu, joka suoritettiin 70 prosentin teholla maksimaalisesta hapenottokyvystä. Syynä parantuneeseen hapenottokyvyn arveltiin olevan muun muassa lisääntynyt sydämen iskutilavuus, joka kehittyy nopeammin intervallityyppisessä harjoittelussa mahdollistaen korkeatehoisen työn ylläpitämisen lepojaksojen välillä.

Urheilijoilla tehdyssä pitkän aikavälin tutkimuksessa on kuitenkin havaittu, että korkeatehoisen kestävyysharjoittelun määrällä ei ollut yhteyttä juoksusuorituskykyyn. Sen sijaan matalatehoisen kestävyysharjoittelun määrällä, jonka teho on alle 70 prosenttia maksimisykkeestä,

saavutettiin tilastollisesti merkitsevä yhteys noin 5 kilometrin ja 10 kilometrin maastajuoksumäärän välillä. Mitä enemmän koehenkilöt olivat harjoitelleet teholla, joka oli alle 70 prosenttia maksimisyykkästä, sitä paremman ajan he saavuttivat erityisesti 10 km:n maastajuoksussa. Korkeatehoisten harjoitusten määrällä ei siis löytynyt yhteyttä parantuneeseen suorituskykyyn, mutta kaikilla urheilijoilla oli ohjelmassaan myös korkeatehoisia osioita. Syynä matalatehoisen harjoittelun ja suorituskyvyn yhteyden välillä arveltiin olevan palautumisen ja harjoitusvaikutuksen tehostuminen, jolloin korkeatehoisen harjoituksen vaste on parempi. (Esteve-Lanao ym. 2005.)

Korkeatehoisella harjoittelulla on saatu lyhyellä aikavälillä hyviä tuloksia kestävyys- ja suorituskyvyssä. Nopea suorituskyvyn nousu johtuu mitokondrioiden lisääntymisestä ja kapillaarien tihentymisestä II-tyypin nopeissa lihassoluissa, joihin voidaan vaikuttaa jo muutaman viikon harjoittelulla. Kuitenkin pitkällä aikavälillä näyttäisi olevan tärkeää tehdä matalatehoista harjoittelua n. 70 prosentin teholla maksimisyykkästä, jotta kehittyminen on jatkuvaa. (Esteve-Lanao ym. 2005.)

## 4 YHDISTETTY KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELU

Yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua on tutkittu laajasti, mutta tutkimusten tulokset ovat osittain ristiriidassa keskenään (Kraemer ym. 1995; Hoff ym. 2002; Millet ym. 2002; Harman ym. 2008; Taipale ym. 2012). Tutkimuksissa on todettu, että voiman kehittyminen heikkenee, jos kestävyysharjoittelua on mukana ohjelmassa samanaikaisesti (Hickson 1980; Leveritt ym. 1999; Elliot ym. 2007; Harman ym. 2008). Myös yliharjoittelun riski on olemassa, kun voima- ja kestävyysharjoittelu yhdistetään (Elliot 2007). Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että ohjelmaan lisätyillä voimaharjoituksilla voidaan parantaa kestävyysuorituskykyä verrattuna pelkkään kestävyysharjoitteluun (Hoff ym. 1999; Rønnestad ym. 2010). Erityisesti kestävyysuorituksen taloudellisuudessa on havaittu parannusta yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksesta (Paavolainen ym. 1999; Aagaard & Andersen 2010; Helgerud 2012).

Aikaisemmin harjoittelemattomilla henkilöillä tehdyissä tutkimuksissa on saatu tuloksia, joiden mukaan on mahdollista, että samanaikainen kestävyys- ja voimaharjoittelu jopa edistävät toistensa vaikutuksia (Sale ym. 1990b). Mikkolan ym. (2012) 21 viikkoa kestäneessä tutkimuksessa on saatu kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistämisellä parempia tuloksia sekä kestävyys- että voimaominaisuuksissa kuin pelkällä kestävyys- tai voimaharjoittelulla. Ainoastaan räjähtävän voiman todettiin kehittyvän paremmin pelkällä voimaharjoittelulla.

Ristiriitaiset tulokset yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoittelussa saattavat johtua siitä, että luurankolihasisto ei mahdollisesti voi adaptoitua optimaalisesti kahden vastakkaisen harjoitusärsyksen seurauksena. Ongelmia tulee erityisesti silloin, kun kestävyyttä ja voimaa pyritään kehittämään samana päivänä. (Sale ym. 1990b, Leveritt ym. 1999.) Toisaalta samana päivänä tehtyjen kestävyys- ja voimaharjoitusten on todettu lisäävän hapellisen entsyymin, sitraattisynteesin aktiivisuutta, jolla on positiivisia vaikutuksia kestävyysuorituskykyyn (Sale ym. 1990a).

Voimaharjoittelu saattaa vähentää kapillaarien ja mitokondrioiden määrää, jolloin kestävyysharjoittelun harjoitusvaikutus estyy. Kestävyysharjoittelun on havaittu olevan yhteydessä voiman heikkenemiseen ja lihassolujen pienenemiseen. Kuitenkin jotkut kestävyysharjoittelun menetelmät ovat lisänneet voimaa ja lihassolujen kokoa. Esimerkiksi pyöräilyn on todettu

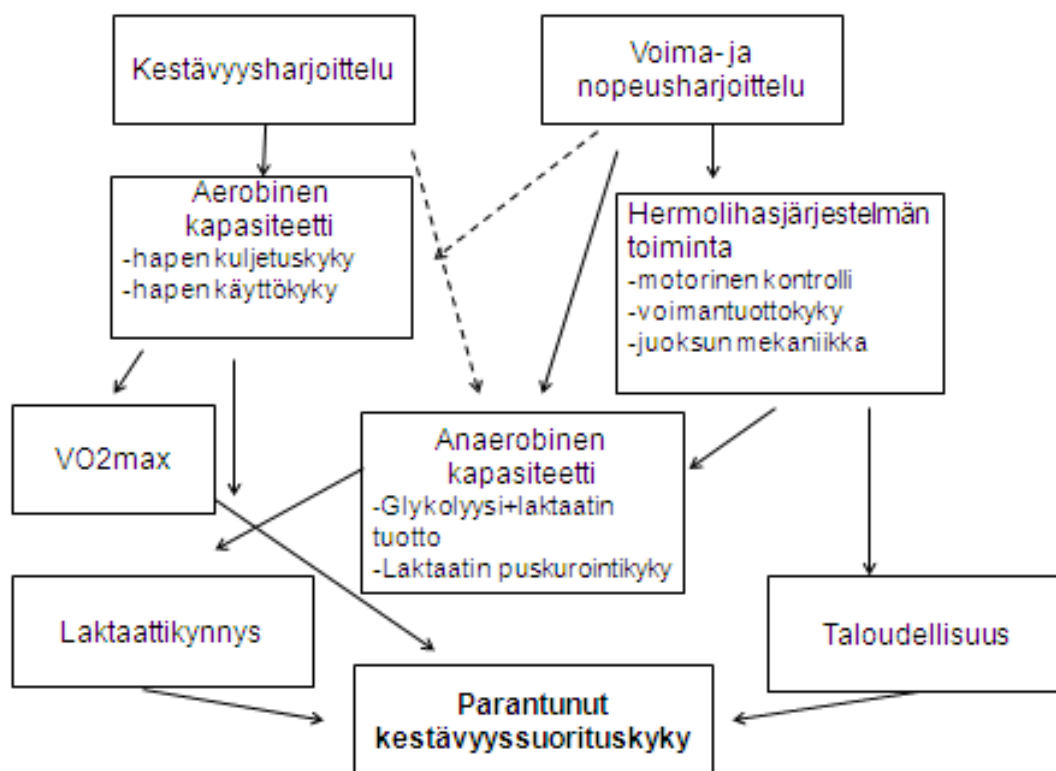
lisäävän voimaa ja lihassolujen kokoa, mutta juoksuharjoittelulla ei ole havaittu samanlaisia vaikutuksia. (Sale ym. 1990b.)

Jos yhdistetyssä ja kestävyys- ja voimaharjoittelussa lisätään harjoituskertoja äärirajoille ja vähennetään levon osuutta, on mahdollista, että voiman ja kestävyyskehittäminen estyy. Myös muun elämän kuormittavuus voi vaikuttaa voiman tai kestävyyskehittymiseen, vaikka harjoitustiheys olisikin optimaalinen. (Kraemer ym. 1995.) Kestävyysharjoittelun jälkeinen väsyminen mahdollisesti haittaa kykyä tuottaa lihasjännitystä. Myös lihasten vauriot ja glykogeenin vaje saattavat toistuessaan vaikeuttaa voiman kehittymistä. (Leveritt ym. 1999.)

Yhdistetystä kestävyys- ja voimaharjoittelusta voidaan tiivistetysti todeta, että sen vaikutuksesta erityisesti kestävyysominaisuuksia kyetään kehittämään tehokkaasti. Voimaharjoittelun ei ole todettu vaikuttavan negatiivisesti kestävyysominaisuuksiin. Sen vaikutuksesta voidaan tukea kestävyysuorituskyvyn kehittymistä ehkäisemällä vammoja, nostamalla laktaattikynnystä ja vähentämällä askeleen kontaktiaikaa juoksussa. On havaittu, että erityisesti korkeatehoinen kestävyysharjoittelu voi haitata voiman kehittymistä, etenkin silloin, kun kestävyysharjoittelu tehdään suurilla lihasnopeuksilla. Voimaominaisuudet voidaan siirtää kestävyysuorituskyvyksi parhaiten, jos voimaharjoittelun ohella tehdään myös kestävyysharjoittelua. Korkeatehoinen kestävyysharjoittelu voi vaikuttaa heikentävästi lyhytkestoiseen anaerobiseen suorituskykyyn, mutta maksimaalisen hapenottokyvyn kehittyminen on silti mahdollista. (Fleck & Kraemer 2004, 134.)

Kestävyysuorituskyvyn paraneminen perustuu maksimaalisen hapenottokyvyn, laktaattikynnyksen ja taloudellisuuden yhteisvaikutukseen, joita voidaan kehittää sekä voima- että kestävyysharjoittelun menetelmin (Kuva 2). Taloudellisuus kehittyy hermolihaksjärjestelmän toiminnan kautta, jolloin motorinen kontrolli, voimantuotto ja juoksun mekaniikka paranevat. Voima- ja nopeusharjoittelulla kyetään parantamaan anaerobista kapasiteettia. Kestävyysharjoittelulla voidaan ensisijaisesti vaikuttaa aerobiseen kapasiteettiin, jolloin hapen käyttö energianmuodostuksessa tehostuu ja hapenotto paranee. Laktaattikynnyksen vauhtia voidaan nostaa sekä voima- että kestävyysharjoittelulla anaerobisen ja aerobisen kapasiteetin paranemisen kautta. (Paavolainen ym. 1999.)





KUVA 2: Kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutukset kestävyys suorituskykyyn (Paa-  
volainen ym. 1999.)

On havaittu, että yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu kehittää tehokkaasti sotilaalta vaa-  
dittavia fyysisiä ominaisuuksia. Vaikuttavuutta on mitattu esimerkiksi taakankantotesteillä,  
esteradalla, haavoittuneen evakuoinnilla ja syöksynopeuksilla. (Harman 2008.) Knapikin ym.  
(2012) katsausartikkelin mukaan voima- ja kestävyys harjoittelu eivät yksinään paranna taa-  
kankantokykyä yhtä tehokkaasti kuin yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu. Myös muissa  
sotilaiden fyysistä suorituskykyä mittaavissa testeissä on havaittu parannusta, jos harjoitellaan  
sekä voimaa että kestävyyttä (Harman ym. 2008; Hendrickson ym. 2010). Knapik ym. (2012)  
havaittivat, että taakankantokyvyn harjoittelua voidaan tehostaa, jos ohjelmaan lisätään taa-  
kankantoharjoituksia. Swain ym. (2011) raportoivat kuitenkin, että taakankantoharjoituksilla  
ei saatu tilastollisesti merkittävää parannusta maksimaaliseen hapenottokykyyn eikä tulospa-  
rannusta havaittu fyysisissä sotilaallisissa testeissä. Tässä kyseisessä tutkimuksessa juoksu-  
harjoitukset korvattiin porrastetuilla taakan kanssa. Harmanin ym. (2008) sotilaille suunnatun tutkimuksen mukaan yhdistetyllä kestävyys- ja voimaharjoittelulla saatiin 10–13 prosentin  
parannus maksimaalisessa hapenottokykyssä. Tutkimuksessa käytetty harjoitusohjelma sisälsi  
korkea- ja matalatehoista kestävyys harjoittelua sekä voimaharjoittelua oman kehon painolla ja

kuntosalilaitteilla. Voimaharjoittelutapojen ei havaittu vaikuttavan maksimaalisen hapenotto-  
kyvyn kehittymiseen.

Hicksonin (1980) 10 viikkoa kestäneessä tutkimuksessa havaittiin, että raskailla painoilla suori-  
tettu voimaharjoittelu yhdistettynä kestävyys- ja voimaharjoitteluun tuotti merkittävän parannuksen  
voimatasoissa 6–7 viikon aikana. Tämän jälkeen voimatasot eivät enää kehittyneet, mutta  
heikkenivät viimeisen kahden harjoitteluviikon aikana. Tutkimuksen koehenkilöt olivat aktii-  
visia kuntoilijoita. Hicksonin ym. (1988) tutkimuksessa lisätyllä voimaharjoittelulla ei havait-  
tu negatiivisia vaikutuksia kestävyysominaisuuksissa kestävyystaustan omaavien kuntoilijoi-  
den keskuudessa. Muutoksia maksimaalisessa hapenotto- ja voimakkyvyssä ei voimaharjoittelun vuoksi  
esiintynyt, mutta lyhytaikaisessa kestävyys- ja voimassa- ja voimaharjoittelussa esiintyi parannusta sekä pyöräilyssä  
(11 prosenttia) että juoksussa (13 prosenttia). Uupumukseen asti suoritettu pyöräily 80 pro-  
sentin teholla maksimihapenotosta parantui 71 minuutista 85 minuuttiin, mutta 10 km juok-  
sussa ei havaittu muutoksia. Hicksonin ym. (1988) mukaan voimaharjoittelun vaikutus perus-  
tui kykyyn rekrytoida nopeita lihassoluja kestävyys- ja voimaharjoittelun aikana. Marcinikin ym. (1991)  
aikaisemmin voimaa harjoittelemattomille henkilöille tekemän tutkimuksen mukaan lisäty  
voimaharjoittelun ansiosta kestävyys- ja voimaharjoittelussa voimaa pyörällä tehtynä parani yli 33 prosenttia.  
Suorituksen intensiteetti oli tässä tutkimuksessa 75 prosenttia maksimaalisesta hapenotto- ja voimakky-  
vystä. Suorituskyvyn nousu oli selitettävissä parantuneella laktaatin puskurointikyvyllä, joka  
nousi keskimäärin 12 prosenttia.

Ikääntyneille miehille tehdyn tutkimuksen mukaan yhdistetyssä voima- ja kestävyys- ja voimaharjoitte-  
lussa saavutettiin 7–12 prosentin parannus maksimaalisessa hapenotto- ja voimakkyvyssä. Hapenotto- ja voimakky-  
vyn testi suoritettiin polkupyöräergometrillä. Kävelytestissä ryhmän suoritus-aika parani mer-  
kittävästi, mutta kävelyn aikaisessa hapenotto- ja voimakkyvyssä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää  
muutosta. Harjoittelu koostui viikoittain toistuvista kahdesta kestävyys- ja voimaharjoituksesta ja kah-  
desta voimaharjoituksesta (Holviala ym. 2010). Sen sijaan nuorille miehille tehdyn tutkimuk-  
sen mukaan yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoittelussa voiman kehittyminen ei estynyt,  
mutta maksimaalisen kestävyuden kehittyminen oli vähäistä 12 viikon yhdistetyn kestävyys-  
ja voimaharjoittelun seurauksena (Glowacki ym. 2004).

Hyvin harjoitelleet yhdistetyn hiihtäjät tekivät Rønnestadtin ym. (2011) tutkimuksessa 12  
viikon aikana kaksi kertaa viikossa voimaharjoituksen (3–10 RM) muun harjoittelun yhtey-  
teen. Lisätyllä voimaharjoittelulla ei saavutettu muutoksia kehon koostumuksessa eikä kestä-

vyysominaisuuksissa, mutta vertikaalihypyn korkeudessa ja maksimivoimatasoissa saavutettiin merkittävä parannus. Paavolaisen ym. (1999) tutkimuksessa lisätyillä räjähtävän voiman harjoituksilla saatiin merkittävä parannus viiden km:n juoksuajassa huipputason suunnistajilla. Aagaard & Andersen (2010) raportoivat, että lisätyillä voimaharjoittelulla voidaan parantaa yli 30 minuutin ja alle 15 minuutin kestävyysuorituskykyä harjoitelleiden kuntoilijoiden ja kestävyysurheilijoiden suorituksissa. Urheilijoille tehdyissä tutkimuksissa on yleisesti havaittu, että erityisesti isoilla kuormilla tehdyt voimaharjoitukset tuottavat tulosparannusta kestävyysuorituskyvyssä (Aagaard & Andersen 2010; Helgerud 2012).

#### 4.1 Kestävyys- ja voimaharjoittelun erot ja samankaltaisuudet hermolihaslihasosalla

Voimaharjoittelulla pyritään kehittämään hermoston suorituskykyä, rekrytoimaan lisää motorisia yksiköitä ja lisäämään lihassolujen kasvua sekä lisäämään lihassäikeiden määrää (Willmore & Costill 2004, 90–99). Voimaharjoittelu kasvattaa ja lisää erityisesti nopeiden lihassolujen määrää ja kokoa, jolloin lihassäikeiden myofibrillit, aktiini- ja myosiinifilamentit ja sarkoplasma lisääntyvät. Aerobinen harjoittelu sen sijaan kuormittaa ensisijaisesti hitaita lihassoluja, jolloin ne suurenevat harjoittelun seurauksena. Aerobisen harjoittelun myötä kapillaarien ja myoglobiinin määrä lihaksissa lisääntyy sekä mitokondrioiden koko ja määrä kasvavat. Kaikki aerobisen harjoittelun vaikutukset lihaksissa yhdistyvät hapen kuljetus- ja käyttökykyyn, jolloin happea voidaan hyödyntää energianlähteenä. (Wilmore & Costill 2004, 191.) Voimaharjoittelulla voidaan saada aikaan hermostollisia muutoksia sen kaikilla tasoilla lähtien aivoista aina lihaskudokseen saakka. Harjoituksen tyyppi, intensiteetti ja harjoitusjakson pituus vaikuttavat hermolihasjärjestelmän toiminnallisiin ja rakenteellisiin muutoksiin. (Kraemer & Häkkinen 2006, 20–21.)

Erittäin korkeatehoinen kestävyys- ja voimaharjoittelu perustuu lihassäikeiden voimakkaaseen aktivaatioon eikä sitä voi luokitella suoraan kestävyys- eikä voimaharjoitukseksi. Korkeatehoinen kestävyys- ja voimaharjoittelu kasvattaa kuitenkin vain vähän lihasmassaa verrattuna hypertrofiseen voimaharjoitteluun, mutta sen on todettu lisäävän hapellisten entsyymien aktiivisuutta ja mitokondrioiden massaa. (Gibala ym. 2009.)

Yhtenä voimaharjoittelun tavoitteena on useimmiten lisätä kehon lihasmassaa ja vähentää rasvan osuutta. Yleensä kehon kokonaispaino lisääntyy hieman voimaharjoittelun seurauksena. Sale ym. (1990b) raportoivat, että kestävyysharjoittelulla ei ole lihasmassaa lisäävää vaikutusta vaan pikemminkin kestävyysharjoittelu vaikuttaa kehon lihasmassaan vähentävästi. Poikkeuksena tästä on kuitenkin pyöräilyharjoittelu, jolla on kyetty lisäämään sekä voimaa että lihassolujen kokoa. Kehon rasvan määrän vähentämistä ja lihasmassan lisäämistä ei voida optimaalisesti tehdä samanaikaisesti, vaan kehon koostumukseen voidaan vaikuttaa parhaiten jaksotetulla harjoitusohjelmalla, johon sisältyy sekä matalatehoisia että korkeatehoisia voimaharjoituksia (Fleck & Kraemer 2004, 91).

## 4.2 Kestävyys-suorituksen taloudellisuuden kehittyminen voimaharjoittelulla

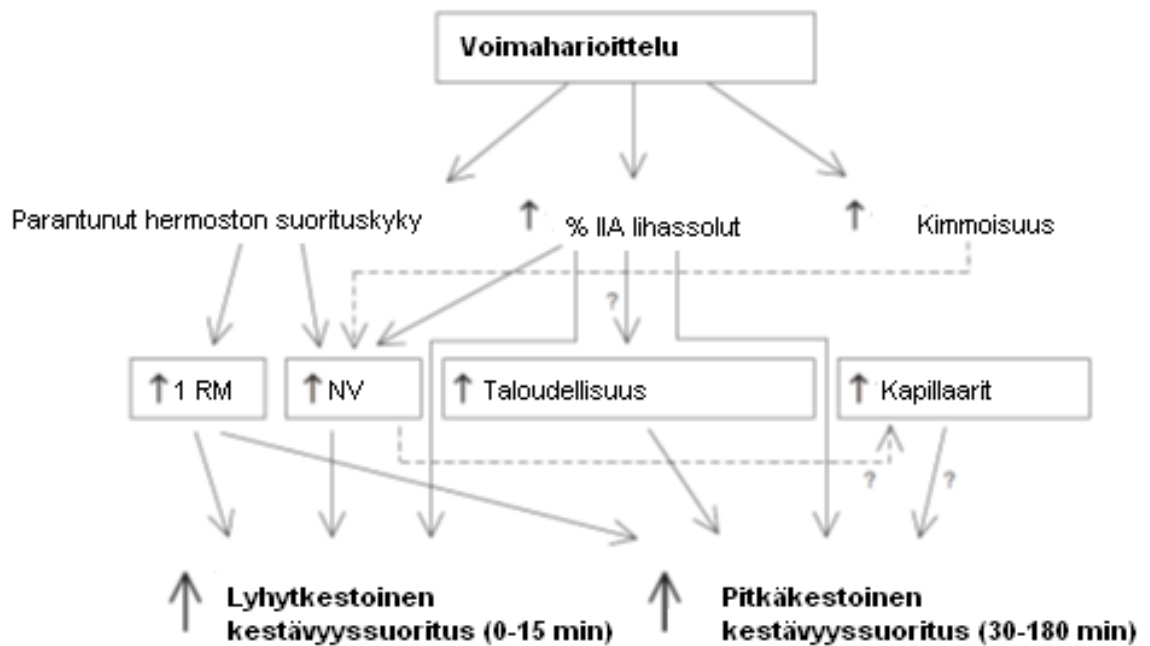
Uusimpien tutkimusten mukaan kestävyys-suorituksen taloudellisuutta voidaan kehittää erityisesti korkeatehoisella voimaharjoittelulla (Aagaard & Andersen 2010; Ahtiainen 2013). Taipaleen ym. (2010) tutkimuksessa havaittiin juoksun taloudellisuudessa kehittymistä erityisesti maksimivoimaharjoittelun ja räjähtävän voiman harjoittelun seurauksena. Spurrsin ym. (2003) tutkimuksessa plyometrisella harjoittelulla kyettiin parantamaan kuudessa viikossa merkittävästi juoksun taloudellisuutta. Sen sijaan Ferrautin ym. (2010) tutkimuksessa harrastetason maratoonarit eivät parantaneet merkittävästi juoksun taloudellisuutta kahdeksan viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena. Ferrautin ym. (2010) tutkimuksessa voimaharjoittelun osuus oli vähäinen. Viikossa oli vain yksi korkeatehoinen voimaharjoitus alaraajoille ja yksi keskivartalon kesto voimaharjoitus. Kestävyysharjoittelu noudatti aikaisempaa harjoittelua.

Kestävyys-suorituksen taloudellisuutta voidaan kehittää myös kestävyysharjoittelulla. Esimerkiksi 30 sekunnin vedot 90–100 prosenttia maksimivauhdista 2–3 minuutin palautuksella kehittävät tehokkaasti kestävyysjuoksusuorituksen taloudellisuutta. Taloudellisuuden ohella voidaan samanaikaisesti kehittää myös maksimaalista hapenottokykyä. Tällöin vetojen pituus tulisi olla 3–8 minuuttia ja teho 90–95 prosenttia maksimisykkeestä. Riittävän tehon ylläpitämiseksi palautuksen tulisi olla vetojen välissä kolme minuuttia. (Helgerud 2012).

Kestävyysurheilijoiden voimaharjoittelussa on painotettava maksimivoimaa ja nopeusvoimaa, jotta kestävyys-suorituskykyisyyttä voidaan parantaa (Helgerud 2012; Ahtiainen 2013). Täl-

lön suorituksen taloudellisuus paranee ensisijaisesti maksimivoiman kehittymisen myötä (Aagaard & Andersen 2010; Helgerud 2012; Ahtiainen 2013). Maksimivoima on yhteydessä erityisesti korkeatehoisen kestävyys suorituskyvyn kanssa, mutta voimaharjoittelulla voidaan yleisesti ottaen kehittää sekä korkeatehoista että matalatehoista kestävyys suorituskykyä. (Stone 2006).

Voimaharjoittelun on todettu lisäävän yli 30 minuutin ja alle 15 minuutin kestävyys suorituskykyä harjoitteleiden kuntoilijoiden ja kestävyysurheilijoiden suorituksissa (Kuva 3). Erityisesti isoilla kuormilla tehdyt voimaharjoitukset tuottivat tulosparannusta sekä lyhyt- että pitkäkestoisessa kestävyys suorituksessa. Voimaharjoittelulla kyettiin vaikuttamaan hermoston suorituskykyyn, tyypin IIa lihassolujen prosenttiosuuteen sekä lihasten ja jänteiden kimmoisuuteen. Nämä tekijät paransivat sekä lyhyen että pitkäkestoisen kestävyys suorituksen taloudellisuutta. (Aagaard & Andersen 2010.)



KUVA 3: Voimaharjoittelun vaikutukset lyhytkestoiseen ja pitkäkestoiseen kestävyys suoritukseen (Aagaard & Andersen 2010.)

Voimaharjoittelun vaikutuksista kestävyysominaisuuksiin voidaan tiivistetysti todeta, että erityisesti maksimivoiman ja räjähtävän voiman harjoittelulla voidaan kehittää kestävyys suorituskykyä. Parhaiten tuloksia saavutetaan, jos harjoittelujakso on vähintään kahdeksan viikkoa pitkä ja voimaharjoituksia tehdään vähintään kaksi kertaa viikossa. (Aagaard & Andersen 2010.)

## 5 KEHON KOOSTUMUKSEN YHTEYDET KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN

Optimaalinen kehon koostumus eroaa eri suoritustavoissa, mutta useimmissa lajeissa paras suorituskyyky saavutetaan mahdollisimman alhaisella kehon rasvamassalla. Lajeissa, joissa tarvitaan voimaa ja lihaskestävyyttä, rasvaton kehon massa on eduksi. Kuitenkin useissa kestävyyslajeissa ja hyppyissä kehon rasvattoman massan on syytä olla alhainen, koska oman kehon painoa on liikutettava mahdollisimman tehokkaasti. (Willmore & Costill 2004, 458.) Rasvamassalla on enemmän merkitystä suorituskyykyyn kuin kokonaiskehon painolla. Mitä isompi kehon rasvaprosentti on, sitä heikompi fyysinen suorituskyyky on suorituksissa, joissa oman kehon painoa on kuljetettava. (Willmore & Costill 2004, 457; Ahtiainen 2013.)

Kehon massa ja maksimaalinen hapenotto-kyky korreloivat vahvasti keskenään. Juoksulajeissa optimaalinen kehon massa riippuu matkan pituudesta, jolloin pienemmästä painoindeksistä on hyötyä etenkin pidemmällä kestävyysmatkoilla (Tittel ym. 1992, 36-38). Kestävyysjuoksussa vartalon pieni koko voi optimoida lämmönhukkaa, mutta alhainen (BMI) voi vähentää elastisuuden hyödyntämistä (O'Connor ym. 2007). Toisaalta alhainen kehon painoindeksi (BMI) saattaa vaikuttaa positiivisesti juoksun taloudellisuuteen kestävyysjuoksussa (Lucia ym. 2006). Myös vartalon rakenteen on todettu vaikuttavan suorituskyykyyn kestävyysjuoksussa. Kestävyysjuoksijat ovat keskimäärin hoikempia ja kevyempiä kuin muut urheilijat ja ovat somatotyypiltään enimmäkseen ektoformisia. (Berg 2003.)

Sotilaille tehdyissä testeissä rasvattoman kehon massan on todettu korreloivan paremmin sotilaallisen suorituskyyvyn kanssa kuin rasvaprosentin. Tämä on tullut esille erityisesti suorituksissa, jotka mittaavat maksimaalista aerobista tehoa, juoksumattotestin aikaa, 12-minuutin juoksutestin matkaa tai kykyä kantaa taakkaa. (Going & Mullins 2000, 350.) Sotilaille suositellaan kohtuullisen suurta rasvattoman massan määrää ja pientä rasvamassan määrää, jotta voimaa vaativat tehtävät saadaan suoritettua tehokkaasti ja vammariski pienenee (Friedl 2012).

Lyons ym. (2005) tutkivat taakankantokyykyä eri painoisilla taakoilla ja eri juoksumaton kullilla submaksimaalisella kävelyvauhdilla. Tutkimuksessa tarkasteltiin taakankantotestin hapenkulutuksen ja eri muuttujien välisiä yhteyksiä. Tutkimuksessa havaittiin, että kehon koostumus vaikuttaa yhdessä aerobisen suorituskyyvyn kanssa taakankantokyykyyn. Absoluuttinen

maksimaalinen hapenottokyky korreloi voimakkaimmin 40 kg:n taakan kantokykyyn submaksimaalisilla vauhdeilla ( $r=-0.64$ ). Kehon koostumus korreloi taakankantokykyyn ( $r=-0.52$ ) myös kohtuullisesti. Kun taakan painoa lisättiin, hapenkulutus kasvoi samassa suhteessa. Tutkimuksen johtopäätöksenä oli, että taakankantamisessa korostui absoluuttinen hapenkulutus ja rasvaton kehon massa sitä enemmän, mitä painavammaksi taakka kasvoi. Esimerkiksi 40 kg:n taakalla suoritettussa testissä lihasmassa osoittautui merkittävämmäksi suorituskyyä selittäväksi tekijäksi kuin painoon suhteutettu hapenottokyky. (Lyons ym. 2005.)

Sotilaalle optimaalista kehon koostumusta on vaikea määritellä, koska suorituskyyyn vaikuttavat lopulta monet muutkin asiat kuin kehon koostumus. On kuitenkin syytä määritellä alueet, joiden ulkopuolella kehon koostumus vaikuttaa selvästi negatiivisesti suoritukseen. (Going & Mullins 2000, 351; Friedl 2012.) Sotilaan kehon koostumusten viitearvoja määritettäessä on huomioitava kokonaisuus. Tähän vaikuttavat muun muassa taisteluolosuhteet, terveys ja fyysinen kunto. Korkea rasvamassan määrä ja vyötäröalueen lihavuus altistavat useille terveysongelmille (Ross & Janssen 2007, 174–175; Fogelholm & Kaukua 2010, 427; Friedl 2012), mutta rasvasta on selkeä etu, kun joudutaan taistelemaan esimerkiksi kylmissä olosuhteissa. (Friedl 2012).

## **6 TESTOSTERONIN, KORTISOLIN JA IGF-1:N MUUTOKSET YHDISTETYN KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELUN SEURAUKSENA**

Fyysinen kuormitus vaikuttaa hormoneiden tuotantoon. Kuormituksen laatu, teho ja kesto määrittävät minkälaisia vaikutuksia hormonit saavat elimistössä aikaan. Hormonit voivat vaikuttaa lihasten kasvuun, kapillaarien tiheyteen ja mitokondrioiden biogeneesiin. (Taipale & Häkkinen 2013.) Hormonipitoisuudet muuttuvat jo yhden fyysisen harjoituksen vaikutuksesta, mutta palautuvat oikein suunnitellussa harjoittelussa (Häkkinen & Mero 2004, 136). Testosteroni on anabolinen hormoni, jolla on voimaa lisäävä vaikutus (Kraemer & Ratamess 2005). Testosteronin pitoisuus muuttuu sekä kestävyys- että voimaharjoittelun seurauksena. Pitkäkestoinen kestävyysharjoittelu laskee testosteronitasoja ja kasvattaa kortisolitasoja. Kortisoli on katabolinen hormoni, joka heikentää voiman kehittymistä (Taipale & Häkkinen 2013). Voimaharjoittelulla voidaan lisätä erityisesti anabolisten hormonien, kuten testosteronin tuotantoa (Wilmore & Costill 2004, 93).

Urheilijoiden keskuudessa lyhyen ajan yllirasitusta tapahtuu yleisesti. Pienet erot huipputasolla edellyttävät jatkuvasti harjoitusvaikutuksen tehostamista. Kuitenkin liian pitkään jatkunut ylikuormitus voi aiheuttaa pidempikestoisen ja hitaasti korjautuvan yllirasitustilan. Pidempikestoisen yllirasitustilan syntymiseen vaikuttavat monotoninen ja kova harjoittelu ilman palauttavia jaksoja, mutta myös muun elämän stressireaktiot voivat edesauttaa sen syntymisessä. Pidempikestoisen yllirasituksen lopputuotteena ovat eri aineenvaihdunnallisten toimintojen heikentyminen ja sen seurauksena heikentynyt suorituskyky. Pitkittyneen yllirasitustilan oireita ovat hermolihaskäytännön suorituskyvyn lasku, solunsisäisten suojamekanismien aktivoituminen yllirasitettujen solujen vaurioiden korjaamiseksi, sympaattisen hermoston toiminnan aleneminen, adrenoreseptorien tuoton heikkeneminen ja hormonaalisen toiminnan muutokset, jolloin elimistö joutuu kataboliseen tilaan. (Lehmann ym. 1998, 40–41.) Jos urheilija joutuu yllirasitustilaan, on seurauksena usein epätasapaino hormonitilassa (Häkkinen & Mero 2004, 136).



## 6.1 Testosteroni ja kortisoli

Testosteroni ja kortisoli ovat yleisesti määritelty anaboliseksi ja kataboliseksi hormoniksi. Anaboliset ja kataboliset hormonit ovat tärkeässä asemassa, kun tarkastellaan harjoittelun vaikuttavuutta. (Kraemer & Ratamess 2005.) On havaittu, että pitkäaikainen stressi tai fyysinen harjoittelu vähentää testosteronin tuotantoa (Grandys ym. 2009; Taipale & Häkkinen 2013) ja lisää kortisolin tuottoa (Taipale & Häkkinen 2013). On kuitenkin myös päinvastaisia tuloksia, joissa testosteronipitoisuudet ovat kohonneet harjoittelun jälkeen (Grandys ym. 2009) ja kortisolipitoisuudet ovat laskeneet pitkään jatkuneen kestävyysharjoittelun jälkeen. (Uusitalo ym. 1998).

Kohonnut seerumin kortisolitaso ja laskenut testosteronin taso sekä testosteronin ja kortisolin suhde ovat tutkimuksissa havaittuja yllirasittumisen tai ylikunnon merkkejä. Näitä voidaan käyttää yhtenä yllirasituksen alkuvaiheen mittareina. Joissakin tutkimuksissa ei ole kuitenkaan havaittu kortisolitason alenemista yllirasitetuilta urheilijoilta ja testosteronin ja kortisolin välinen suhde on laskenut korkeatehoisen intervalliharjoittelun seurauksena ilman suorituskyvyn alentumista. Tutkimusten valossa testosteroni ja kortisoli kertovat enemmänkin harjoittelun kovuudesta kuin syntyneestä yllirasitustilasta. (Rowbottom ym. 1998, 192–193.) On kuitenkin havaittu, että testosteronipitoisuuden kasvu voi ennustaa urheilijan suorituskyvyn nousua, jolloin korkea testosteronipitoisuus voi vaikuttaa sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä suorituskykyyn positiivisesti (Wood & Stanton 2012).

Hormonipitoisuuksien muutoksiin vaikuttaa enemmän harjoituksen laatu ja teho kuin harjoitusmäärä kalorinkulutuksella määritettynä. Hormonitasot ja niiden muutokset harjoittelun jälkeen ovat yksilöllisiä ja ne reagoivat jokaisella eri tavoin eri harjoituksissa. Ne henkilöt, jotka ovat harjoitelleet aikaisemmin kestävyyspainotteisesti, eivät reagoi hormonitasojen muutoksilla yhtä voimakkaasti harjoitteluun, kuin aikaisemmin voimaharjoittelua tehneet henkilöt. (Tremblay ym. 2005.) Hormonaalinen akuuttivaste pienenee submaksimaalisessa suorituksessa kestävyysharjoittelun vaikutuksesta, mutta maksimisuorituksessa hormonaalinen vaste sen sijaan saattaa kohota (Häkkinen & Mero 2004, 131–132).

Voimaharjoittelulla on havaittu akuutteja ja kroonisia vaikutuksia hormonipitoisuuksiin ja fyysiseen suorituskykyyn. Yleisesti ottaen akuutit vaikutukset riippuvat henkilön iästä, harjoitustaustasta ja sukupuolesta ja harjoitusärsykkeestä. Voimaharjoitusohjelmat, joissa kuormitetaan isoja lihasryhmiä intensiivisesti lyhyillä palautuksilla, tuottavat suurimmat akuutit hor-

monivasteet esimerkiksi testosteronissa ja kortisolissa. (Kraemer & Ratamess 2005.) Esimerkiksi hypertrofisessa voimaharjoituksessa testosteronin kasvu on voimakkaampaa kuin nopeusvoimaharjoituksessa (Häkkinen & Mero 2004, 131–132). Muutokset harjoittelun määrässä ja intensiteetissä voivat muuttaa testosteronin lepopitoisuuksia pitkällä aikavälillä. Ne kuitenkin palaavat yleensä normaalitasolle, kun palataan normaaliin harjoitteluun. Kortisolipitoisuudet yleisesti muuttuvat pitkän ajan stressin seurauksena, mutta voimaharjoittelulla ei ole havaittu kortisolin lepopitoisuuksissa muutoksia. (Kraemer & Ratamess 2005.)

Pitkän aikavälin kestävyysharjoittelun seurauksena testosteronin lepopitoisuudet kasvavat ja kortisolipitoisuuksissa esiintyy kohonneita kuormitusarvoja. Voimaharjoittelun pitkäaikaisvaikutuksina anabolisten hormonien kuten testosteronin lepotasot pysyvät ennallaan tai nousevat hieman luoden suotuisamman ympäristön lihasmassan kasvulle ja maksimivoiman kehittymiselle (Häkkinen & Mero 2004, 131–135.)

Kortisolin erityis lisääntyy, kun kuormitustaso kasvaa yli 70 prosentin maksimaalisesta hapenottokyvystä. Lisääntynyttä kortisolin eritystä stimuloi adrenokortikotrooppisen hormonin (ACTH:n) tuotanto. Paljon harjoittelevat kestävyysurheilijat voivat joutua krooniseen hyperkortisolismi tilaan. Tässä tilassa elimistön stressireaktiot ovat kohonneet. Jännitys voi myös nostaa kortisolipitoisuutta. Testosteroni on tärkein androgeeni, joka erittyy sykäyksittäin. Voimakkaan rasituksen, yli 80 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä, aikana testosteronipitoisuus veressä suurenee. Suorituksen jälkeen pitoisuus kuitenkin pienenee vähäksi aikaa alemmaksi kuin rasitusta edeltänyt taso. Toistuva kova rasitus ja stressi voivat johtaa testosteronipitoisuuksien pysyvään laskuun, mutta harjoittelua keventämällä ja stressiä vähentämällä pitoisuudet palaavat normaalitasolle. (Heinonen 2010, 138.)

## 6.2 Insuliinin kaltainen kasvutekijä (IGF-1)

Insuliinin kaltaista kasvutekijää (IGF-1) muodostuu pääosin maksassa ja se toimii ensisijaisesti kasvuhormonin vaikutusta välittävänä peptidinä. IGF-1:llä on myös omia anabolisia, antioksidantillisia, sytoprotektiivisia ja tulehdusta estäviä ominaisuuksia. (Puche & Castilla-Cortázar 2012) IGF-1 toimii peptidihormonin mukana monissa kriittisissä fysiologisissa prosesseissa esimerkiksi proteiinisynteesissä ja sokeritasapainon säätelyssä. IGF-1 stimuloi proteiinisynteesiä ja lihasten kasvua (Sopler 2010) ja toimii mahdollisesti terveyden ja aineen-

vaihdunnallisen tilan osoittajana (Nindl 2009). Useimmissa elimistön toiminnoissa kohonneita IGF-1 -pitoisuuksia pidetään hyödyllisinä. (Nindl 2009.)

Korkea IGF-1 pitoisuus on yhteydessä hyvään terveydentilaan. IGF-1:n pitoisuuksia voidaan yhdistää hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoon sekä kehon koostumukseen. Kestävyys- ja voimaharjoittelun on todettu lisäävän kasvuhormonin tuotantoa, mikä aktivoi myös IGF-1:n tuotantoa. (Taipale & Häkkinen 2013.) Muutamat eläimille ja ihmisille tehdyt tutkimukset osoittavat vahvan yhteyden kasvuhormonin tai IGF-1:n pitoisuuksien ja kollageenisynteesin välillä. Yhteydet ovat havaittu paikallisesti lihas- tai jännetasolla ja elinjärjestelmällisesti. (Kraemer ym. 2010.)

Useissa tutkimuksissa on havaittu, että IGF-1 pitoisuudet kohoavat, jos harjoittelun intensiteetti on korkea (yli 60 %  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ). Sen sijaan kevyen fyysisen kuormituksen (50 %  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) on todettu laskevan IGF-1:n pitoisuuksia. IGF-1 pitoisuuksia voidaan nostaa tehokkaasti voimaharjoitusohjelmalla, jossa harjoituksen intensiteetti kasvaa nousujohteisesti. (Sopler 2010.)

## 7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HY- POTEESIT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on lisätä tietoutta kahden erityyppisen voimaharjoitteluun yhdistetyn kestävyysohjelman fysiologisista vaikutuksista. Tutkimuksen perusteella voidaan antaa suosituksia, miten sotilaan fyysistä toimintakykyä voidaan kehittää tehokkaasti lyhyessä ajassa. Sodan ajan tehtävään valmistautuminen on suoritettava todennäköisesti lyhyessä ajassa, joten aikaa maltilliseen fyysisen toimintakyvyn nostamiseen ei välttämättä ole. Reserviläisten kestävyyskunto on todettu keskimäärin riittämättömäksi sodan ajan tehtäviin (Malmberg ym. 2003, 77). Tämän vuoksi on tärkeää tutkia mahdollisimman laajasti vaihtoehtoja, joilla sotilaan fyysistä toimintakykyä kyetään kehittämään lyhyessä ajassa.

Tutkimuksessa tarkastellaan sotilaan kestävyys suorituskyvyn kehittymistä kuuden viikon harjoittelujakson jälkeen. Tutkimus käsittelee korkeatehoisen intervalliharjoittelun (HIT), aerobisen peruskestävyys harjoittelun (LIT) ja voimaharjoittelun vaikutuksia sotilaan fyysiseen toimintakykyyn. Tutkimuksessa keskitytään ensisijaisesti harjoittelusta aiheutuviin kestävyys suorituskyvyn, fysiologisten vasteiden ja kehon koostumuksen muutoksiin. Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan testeissä mitattujen eri muuttujien välisiä yhteyksiä ja pohditaan niiden vaikutusta kestävyys suorituskykyyn.

Tarkoituksena on myös selvittää, onko 12-minuutin juoksutestin ja taakankantotestin tuloksilla yhteyttä keskenään, jotta voidaan tehdä päätelmiä, miten hyvin puolustusvoimissa yleisessä käytössä oleva 12-minuutin juoksutesti soveltuu maksimaalisen ja submaksimaalisen taakankantokyvyn arviointiin. Lisäksi selvitetään, miten kestävyys suorituskyvyssä ilmenneet fysiologiset vasteet, kehon koostumus ja hormonivasteet ovat yhteydessä suorituskyvyn muutoksiin.

### *Tutkimusongelmat:*

Miten kestävyys harjoittelun intensiteetti vaikuttaa kestävyys suorituskykyyn, hormonivasteisiin ja kehon koostumukseen yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoittelussa?

Mitkä ovat kestävyysuorituskyvyssä ja fysiologisissa vasteissa ilmenevien muutosten yhteydet?

Miten suorituskyky- ja kehon koostumusmuuttujat sekä fysiologiset vasteet ovat yhteydessä toisiinsa?

*Hypoteesit:*

Aikaisempien tutkimusten perusteella on oletettavaa, että korkeatehoinen kestävyysuoritus harjoittelu yhdistettynä voimaharjoitteluun kehittää kuudessa viikossa tehokkaammin sotilaan maksimaalista kestävyysuorituskykyä kuin matalatehoinen kestävyysuoritus harjoittelu yhdistettynä voimaharjoitteluun. (Helgerud 2007; Gibala & McGee 2008; Seiler & Tonnesen 2009.)

Alhainen kehon rasvamassa on yhteydessä parempaan kestävyysuorituskykyyn ja korkea rasvaton massa on yhteydessä parempaan taakankantokykyyn (Willmore & Costill 2004, 458). Voidaan siis olettaa että alhainen rasvamassa on yhteydessä 12-minuutin juoksutestin tulokseen ja korkea rasvaton massa edesauttaa taakankantotestin maksimisuoritusta. Lihasmassan lisääntymistä tuskin tapahtuu merkittävästi, koska harjoitusjakson hypertrofinen osuus voimaharjoittelusta kestää ainoastaan kolme viikkoa. Rasvamassa saattaa vähentyä, jos henkilön energiankulutus lisääntyy aikaisempaan nähden olettaen, että henkilö syö saman energiamäärän kuin ennen harjoittelua. Rasvamassan vähenemisessä esiintyy varmasti yksilöllisiä eroavaisuuksia, johon vaikuttaa aikaisempi liikunnallinen aktiivisuus ja rasvamassan määrä ennen harjoittelua.

Hormonipitoisuuksissa muutoksia voi näkyä onnistuneen harjoittelun seurauksena IGF-1 pitoisuuksien kohoamisena (Nindl 2009), testosteronipitoisuuksien lievänä kohoamisena (Grandys ym. 2009) ja kortisolipitoisuuksien laskuna (Uusitalo ym. 1998). Mikäli harjoittelu on ollut liian kuormittavaa tai muu elämä on ollut stressaavaa harjoittelujakson aikana, testosteronipitoisuudet todennäköisesti laskevat ja kortisolipitoisuudet kohoavat. (Taipale & Häkkinen 2013.)

12-minuutin juoksutesti ja taakankantokyky ovat oletettavasti yhteydessä toisiinsa, koska molemmissa suorituksissa hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminnan vaatimukset ovat suuret. (Lyons ym. 2005) Kuitenkaan kevyet henkilöt eivät mahdollisesti kykene kantamaan taakkaa

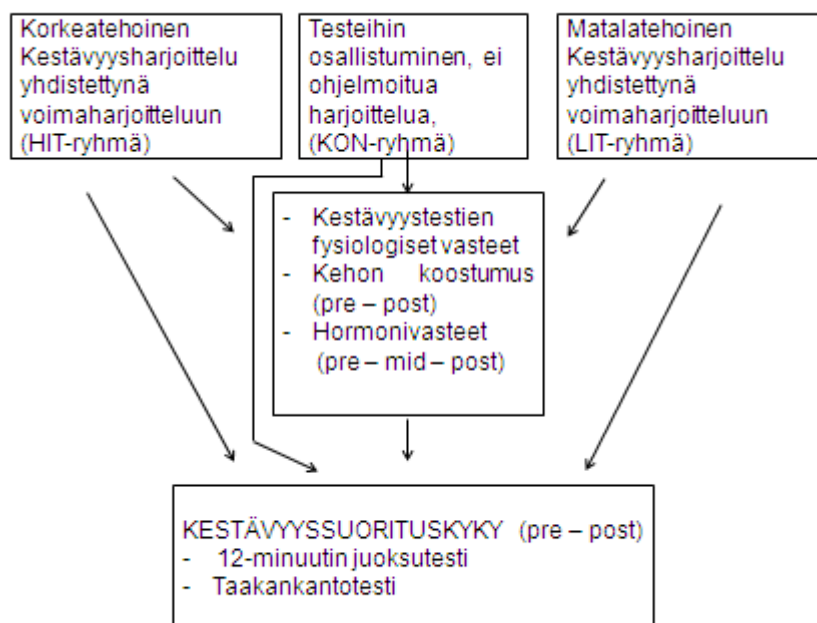
samassa suhteessa juoksusuorituskyvyn kanssa (Going & Mullins 2000, 350), koska kevyillä henkilöillä taakan tuoma painonlisäys henkilön oman kehon painoon nähden kasvaa suureksi, jolloin voimaominaisuuksien vaatimukset ovat kohtalaisen suuret (n. 35 kg) painavaa taakkaa kannettaessa.

## 8 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 8.1 Tutkimusasetelma

Tutkimuksessa vertailtiin kahta koeryhmää, joista molemmat harjoittelivat viisi kertaa viikossa kuuden viikon ajan. Tutkimuksessa oli mukana myös kontrolliryhmä (KON), jonka harjoittelu ei ollut ohjelmoitua, vaan mahdollinen harjoittelu tapahtui itsenäisesti ilman ohjausta. Korkeatehoinen kestävyysryhmä (HIT) teki viikossa kolme intervalliharjoitusta ja matalatehoinen kestävyysryhmä (LIT) kolme peruskestävyysharjoitusta. Molemmat ryhmät tekivät lisäksi kolme voimaharjoitusta. Harjoituksiin sisältyi yksi yhdistelmäharjoitus, jossa harjoitettiin samanaikaisesti sekä voimaa, että kestävyyttä.

Harjoittelun vaikuttavuutta mitattiin alku- ja lopputesteillä, jotka suoritettiin ennen kuuden viikon harjoittelua ja sen jälkeen. Kestävyys suorituskykyä mitattiin 12-minuutin juoksutestillä ja taakankantotestillä. Fysiologisista vasteista mitattiin sykettä, laktaattia ja hormoneja. Kehon koostumus mitattiin bioimpedanssimenetelmällä. Tutkimusasetelma on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4: Tutkimusasetelma

## 8.2 Koehenkilöt

Vapaaehtoisuuteen perustuen tutkimuksen koehenkilöiksi ilmoittautui osa 98. kadettikurssin kadeteista ja sotatieteiden maisterikurssin opiskelijoista. Kaikki tutkimukseen osallistuvat koehenkilöt allekirjoittivat suostumuslomakkeen, jolla he ilmoittivat osallistuvansa vapaaehtoisina tutkimukseen. Koehenkilöillä oli oikeus keskeyttää tutkimus omalta kohdaltaan tutkimuksen kaikissa vaiheissa. Tutkimuslupa myönnettiin pääesikunnan henkilöstöosastosta sen jälkeen kun lupa verinäytteiden ottoon oli saatu Sotilaslääketieteen keskukselta. Eettinen lupa tutkimukseen myönnettiin Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettiseltä toimikunnalta.

Tutkimukseen osallistui 29 hyväkuntoista upseeriksi opiskelevaa kadettia tai maisterivaihetta suorittamassa olevaa upseeria. Iältään tutkittavat olivat keskimäärin 25-vuotiaita. Heidät jaettiin alkutestien perusteella kolmeen harjoitteluryhmään. (HIT n=11, LIT n=11, KON=7). HIT- ja LIT-ryhmät jaettiin mahdollisimman tasaisiksi kestävyys- ja voimatestien perusteella. Kontrolliryhmän osallistujat eivät olleet halukkaita osallistumaan harjoitteluryhmiin, joten heidän valinnassaan alkutesteillä ei ollut merkitystä. Keskeytysten, puutteellisen harjoittelun ja urheiluvammojen vuoksi lopulliset tutkimusryhmät muodostuivat yhteensä 21 henkilöstä. (HIT n=8, LIT n=7, KON=6).

Tutkittavien lähtötaso oli vaihteleva ja harrastustausta erilainen, mutta alkutestien tulosten ja antropometristen mittausten perusteella tutkittavat olivat melko hyvässä fyysisessä kunnossa (Taulukko 1). Tutkittavien opiskelu oli harjoittelujakson aikana pääosin luento-opetusta tai itsenäistä opiskelua, jolloin muu fyysinen toiminta kuin ohjelman mukainen harjoittelu oli vähäistä. Joillakin koehenkilöillä tuli kuitenkin ylimääräistä fyysistä rasitusta kilpailuiden ja fyysisesti kuormittavien opintojen takia. Tutkimusryhmät eivät eronneet toisistaan hapenotto-kyvyssä, iässä ja antropometrisissä ominaisuuksissa. HIT-ryhmän koehenkilöt olivat kuitenkin keskimääräisesti LIT- ja KON-ryhmän henkilöitä pidempiä ( $p<0,05$ ).



TAULUKKO 1: Koehenkilöiden ikä, maksimaalinen hapenottokyky ja antropometriset ominaisuudet ennen harjoittelua

Muuttuja	HIT	LIT	KON
	KA+KH	KA+KH	KA+KH
Ikä	23,1± 1,4	25,7±4,8	26,7±3,8
Pituus (cm)	183,3±6,0	177,1±3,9	176,3±3,6
Paino (kg)	87,9± 12,1	84,9±7,3	77,8±7,2
Rasvaprocentti	13,4±2,8	16,9±4,1	13,1±3,0
Rasvaton massa (kg)	75,9 ±8,9	70,9±5,0	67,6 ±6,1
Hapenottokyky (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	52,0±4,1	50,9±4,9	53,3±4,6

### 8.3 Harjoittelu

Tutkimukseen liittyvä harjoitusjakso kesti kuusi viikkoa. Harjoittelujakso alkoi 6.5.2013 ja päättyi 16.6.2013. Yksi harjoitteluviikko sisälsi viisi harjoitusta, joista kaksi oli voimaharjoitusta (maanantai ja torstai), kaksi kestävyysharjoitusta (tiistai ja lauantai) ja yksi yhdistetty voima- ja kestävyysharjoitus (keskiviikko). Voimaharjoittelu oli molemmille tutkimusryhmille sama vaihtuen kolmen viikon harjoittelun jälkeen perusvoimaharjoittelusta räjähtävän ja maksimivoiman harjoitteluun. Harjoitukset rytmitettiin viikon sisällä siten, että voima- ja kestävyysharjoitteet tehtiin erillisinä päivinä alku- ja loppuviikolla. Yhdistetty voima- ja kestävyysharjoitus tehtiin keskellä viikkoa. Perjantai ja sunnuntai olivat lepopäiviä. Tällä rytmityksellä varmistettiin palautuminen eri harjoitustapojen välissä. Osa kestävyys- ja voimaharjoitteista olivat ohjattuja. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2: HIT- ja LIT-ryhmän harjoitteluohjelma

Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
<b>HIT / LIT</b> <b>Viikot 1-3</b> Perusvoima  <b>Viikot 4-6</b> Räjähtävyysvoima	<b>HIT</b> <b>viikot 1-3:</b> Kestävyys (2min intervallit)  <b>viikot 4-6:</b> Kestävyys (4min intervallit)  <b>LIT</b> <b>viikot 1-6</b> Kestävyys (60-75 pk:ta)	<b>HIT</b> <b>Viikot 1-3:</b> Kahvakuu- la+nopeuskestävyys (15sek vedot)  <b>Viikot 4-6</b> Kahvakuu- la+nopeuskestävyys (30 sek vedot)  <b>LIT:</b> <b>Viikot 1-6</b> Kahvakuula+kestävyys (45-60 min pk:ta)	<b>HIT / LIT</b> <b>Viikot 1-3</b> Perusvoima  <b>Viikot 4-6</b> Maksimi- voima	Lepo	<b>HIT</b> <b>viikot 1-3:</b> Kestävyys (2min intervallit) viikot 4-6 Kestävyys (4min intervallit)  <b>LIT</b> <b>viikot 1-5:</b> Kestävyys (2h pk:ta )	Lepo

Tutkimuksen ajan koehenkilöt velvoitettiin pitämään sähköistä excel-taulukko suunniteltua harjoituspäiväkirjaa. Sen täyttäminen ohjeistettiin aloitettavaksi kaksi kuukautta ennen harjoittelujakson alkua. Harjoituspäiväkirjaan merkittiin päivittäin tehdyt harjoitukset, subjektiiviset tuntemukset ja mahdolliset urheiluvammat. (Liite 1.) Harjoituspäiväkirjasta seurattiin koehenkilön osallistumista tutkimuksen harjoituksiin. Jos kävi ilmi, että HIT- tai LIT-ryhmän koehenkilö oli harjoitellut vähemmän kuin 70 prosenttia harjoituksista, hänen tuloksiaan ei otettu huomioon.

### 8.3.1 Kestävyysharjoittelu

Molempien ryhmien kestävyysharjoittelu muodostui pelkästään juoksusta tai kävelystä. Kestävyysharjoittelu toteutettiin kaksi kertaa viikossa tiistaisin ja lauantaisin sekä keskiviikkoisin, jolloin ohjelmassa oli yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoitus. Maksimisyykkeiden perusteella jokaiselle koehenkilölle määritettiin ohjeelliset sykerajat, joiden välissä harjoitukset tuli tehdä. Maksimisyykkeiden määrittämisessä otettiin huomioon alkutestin 12-minuutin juoksutestin ja taakankantotestin korkein syke. Myös muutama kuukausi aikaisemmin Suomen urheiluopis-

tolla suoritettua valojänistestien korkein syke huomioitiin maksimisykkeitä määritettäessä. Näiden kolmen testin perusteella saatiin kullekin henkilölle korkein syke, joka määritettiin henkilön maksimisykkeeksi. Koehenkilöillä oli käytössään sykemittarit, joista heidän tuli seurata harjoittelun aikaista sykettä.

HIT-ryhmä teki kaikki kestävyysharjoitukset yli 90 prosentin teholla maksimisykkeestä. Harjoittelu perustui intervallityyppiseen menetelmään, jossa vetojen välissä oli aktiivista palautumista: kevyttä juoksua tai reipasta kävelyä. Sykkeen oli kuitenkin laskettava vetojen välissä 55–65 prosenttiin maksimisykkeestä. Ensimmäisten kolmen harjoitteluviikon aikana intervallivetojen kesto oli kaksi minuuttia ja palautus puolitoista minuuttia. Ensimmäisellä viikolla tehtiin kuusi kahden minuutin vetoa, toisella viikolla seitsemän vetoa ja kolmannella viikolla kahdeksan vetoa. Neljännellä harjoitteluviikolla ohjelma muuttui siten, että vetojen kesto piteni neljään minuuttiin ja vetojen välissä oli kolmen minuutin palautus. Vetojen määrä oli neljännellä viikolla kolme, viidennellä viikolla neljä ja kuudennella viikolla viisi. Vetojen sykealueet olivat molemmissa harjoituksissa samat. (90–95 prosenttia maksimisykkeestä). (Taulukko 3.)

**TAULUKKO 3: HIT-ryhmän kestävyysharjoitusohjelma**

Intervalliharjoitusohjelma tiistaisin ja lauantaisin.	Vetojen määrä	Kesto	Palautus	Teho %/ maks. syke
Alku- ja loppuverryttely 10min				
Viikko 1	6	2 min	1min 30 s	90-95
Viikko 2	7	2 min	1 min 30 s	90-95
Viikko 3	8	2 min	1 min 30 s	90-95
Viikko 4	3	4 min	3 min	90-95
Viikko 5	4	4 min	3 min	90-95
Viikko 6 ( vain 1 harjoitus ti)	5	4 min	3 min	90-95

LIT-ryhmän kestävyysharjoitukset suoritettiin teholla, joka oli 60–80 prosenttia kunkin koehenkilön maksimisykkeestä. Harjoituksen kesto oli tiistain harjoituksessa 60–75 minuuttia ja vauhti säädettiin sykkeen mukaan, jolloin sen tuli olla 70–80 prosenttia maksimisykkeestä. Lauantain harjoituksen kesto oli 120 minuuttia ja syketaso oli pidettävä 60–70 prosentissa maksimisykkeestä. Tiistain harjoituksen kesto oli ensimmäisellä harjoitteluviikolla 60 minuuttia ja sitä lisättiin viidellä minuutilla viikoittain 2–3 viikon aikana. Neljännen viikon harjoittelu alkoi vastaavanlaisena kuin toisen viikon harjoittelu, jolloin harjoituksen kesto putosi 65 minuuttiin. Harjoitusten kestoa nostettiin jälleen viidellä minuutilla 5–6 viikon aikana.

Lauantain harjoitus toteutettiin osittain kävelen, jotta kaikki pystyivät varmasti tekemään harjoituksen riittävän rauhallisella teholla. Kävelyaika vakioitiin kaikille samaksi, mutta vauhteissa oli yksilöllisiä eroja. Harjoittelun edetessä kävelyn määrä väheni 90 minuutista 70 minuuttiin ja juoksun osuus kasvoi 30 minuutista 50 minuuttiin harjoittelun edetessä. Koehenkilöt saivat valita tekivätkö lauantain harjoitukset tasaisella vai mäkisessä maastossa. (Taulukko 4.)

**TAULUKKO 4: LIT-ryhmän kestävyysharjoitusohjelma**

<b>LIT-ryhmän Kestävyysharjoitusohjelma</b> Tiistai ja lauantai	<b>TIISTAI</b> Kesto (min)	<b>TIISTAI</b> Teho %/ maks. syke	<b>LAUANTAI</b> Kävely/juoksu (min) Kesto 120 min	<b>LAUANTAI</b> Teho %/maks. syke
Viikko 1	60	70-80	90/30 (120)	60-70
Viikko 2	65	70-80	80/40 (120)	60-70
Viikko 3	70	70-80	70/50 (120)	60-70
Viikko 4	65	70-80	80/40 (120)	60-70
Viikko 5	70	70-80	70/50 (120)	60-70
Viikko 6	75	70-80	-	

### 8.3.2 Yhdistelmäharjoitus

Molempien ryhmien yhdistetty voima- ja kestävyysharjoitus tehtiin keskiviikkoisin, jossa koehenkilöt tekivät kahvakuulaharjoituksen ennen kestävyysosuutta (Taulukko 5). Koehenkilöt saivat valita käytettäväkseen joko 12 kg:n tai 16 kg:n kuulan oman kuntotasonsa mukaan. Kutakin liikettä tehtiin yksi sarja, jonka jälkeen siirryttiin seuraavaan liikkeeseen. Kun kaikki liikkeet oli tehty kertaalleen, pidettiin kolmen minuutin palautus ja sama sarja toistettiin vielä kaksi kertaa, jolloin kutakin liikettä tehtiin kolme kertaa. Molemmat harjoitteluryhmät tekivät saman kahvakuulaharjoituksen ennen kestävyysosioitaan.

TAULUKKO 5: Kahvakuulaohjelma yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoituksessa

Kahvakuula	Toistot	Sarjat	Palautus (s)	Kuorma (kg)
Etuheilautus kättä vaihtaen	20+20	3	30 s	12 kg tai 16 kg
Penkille nousu kuulat käsissä aloitta- vaa jalkaa vaihtaen	10+10	3	30 s	12 kg tai 16 kg
Turkkilainen ylösnousu	10	3	30 s	12 kg tai 16 kg
Rinnalle veto-pystypunnerrus yhdellä kädellä	10+10	3	30 s	12 kg tai 16 kg
Kierto jalkojen välistä suuntaa vaih- taen	10+10	3	30 s	12 kg tai 16 kg

Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoituksen kestävyysosio muodostui HIT-ryhmällä ensimmäisen kolmen viikon aikana 15 sekunnin vedoista palautuksen ollessa 1 minuutti. Ensimmäisellä viikolla vetojen määrä oli kuusi, toisella viikolla seitsemän ja kolmannella viikolla kahdeksan. Jälkimmäisillä kolmella harjoitteluviikolla vetojen kesto oli 30 sekuntia. Neljännellä viikolla vetoja oli kolme, viidennellä viikolla neljä ja kuudennella viikolla viisi. Palautus 30 sekunnin vedoissa oli 2 minuuttia. Palautuksen aikana sekä 15 että 30 sekunnin vedoissa pidettiin yllä reipasta kävelyä. (Taulukko 6.)

TAULUKKO 6: HIT-ryhmän yhdistetyn harjoituksen kestävyysharjoitusohjelma

Keskiviikko	Vetojen määrä (kpl)	Kesto (s)	Palautus (min)	Teho % / maks. nopeus
Alku- ja loppuverryttely 10min				
Viikko 1	6	15	1	95-100
Viikko 2	7	15	1	95-100
Viikko 3	8	15	1	95-100
Viikko 4	3	30	2	95-100
Viikko 5	4	30	2	95-100
Viikko 6	5	30	2	95-100

LIT-ryhmän kestävyysosio muodostui kestävyysjuoksuharjoituksesta, joka oli teholtaan 65–75 prosenttia maksimisykkeestä. Harjoituksen keskisyke tuli olla noin 70 prosenttia maksimisykkeestä. Suorituksen kestoä lisättiin viidellä minuutilla viikoittain 1–3 viikon aikana.

Neljannen viikon harjoitus oli ajallisesti sama kuin toisen viikon harjoitus. Harjoitusten kestoa nostettiin viidellä minuutilla viikoittain 4–6 viikon aikana. (Taulukko 7.)

TAULUKKO 7: LIT-ryhmän yhdistetyn harjoituksen kestävyys- ja voimaharjoitusohjelma

Keskiviikko	Kesto (min)	Teho % / maks. syke
Viikko 1	45	65-75
Viikko 2	50	65-75
Viikko 3	55	65-75
Viikko 4	50	65-75
Viikko 5	55	65-75
Viikko 6	60	65-75

### 8.3.3 Voimaharjoittelu

Voimaharjoitteluohjelma koostui kahdesta kolmen viikon mittaisesta jaksosta, jotka olivat samanlaiset molemmilla tutkimusryhmillä. Voimaharjoittelu alkoi kolmen viikon perusvoimajaksoilla. (Taulukko 8). Toinen voimaharjoittelujakso (harj. viikot 4-6) koostui räjähtävän voiman ja maksimivoiman harjoitteista (Taulukko 9).

Ensimmäisessä voimaharjoituksessa koehenkilöille määritettiin heidän maksimivoimatasonsa kussakin käytettävissä liikkeissä (pl. vartalon koukistajat ja ojentajat). Samalla heille opetettiin liikkeiden suorittaminen. Ne liikkeet, joissa maksimitason määrittäminen ei onnistunut, tehtiin sellaisilla painoilla, joilla koehenkilöt jaksoivat tehdä ohjelman mukaisen toistomäärän. 1–3 harjoitteluviikolla koehenkilöt tekivät kaksi perusvoimaharjoitusta viikon aikana. Voimaharjoituspäivät olivat maanantai ja torstai. Harjoitteluviikoilla 4–6 koehenkilöt tekivät viikossa yhden maksimivoimaharjoituksen maanantaina ja yhden räjähtävän voiman harjoituksen torstaina. Koehenkilöt velvoitettiin täyttämään jokaisella harjoituskerralla päiväkirjaa, johon tuli merkittä kuormien, toistojen ja sarjojen määrä sekä mahdolliset poikkeavuudet liikkeiden suorittamisessa.

Ennen jokaista voimaharjoitusta koehenkilöt ohjeistettiin suorittamaan omatoiminen alkuverryttely joko pyöräillen, soutaen tai juoksumatolla kävellen tai hölkkäen. Voimaharjoittelu kohdistui ensimmäisen kolmen harjoitteluviikon aikana seuraaviin lihasryhmiin: alaraajojen ojentajiin (kyykky ja pohkeille nousu) ylävartalon ojentajiin (penkkipunnerrus ja ojentajaliike

taljalla) ja koukistajiin (hauiskääntö) sekä vatsa- ja selkälihaksiin (ylätalja, vatsalihasliikkeet ja maastaveto).

Kolmen ensimmäisen viikon aikana käytettiin kuormana 60–80 prosenttia maksimista ja toistoja tehtiin jokaisessa liikkeessä kymmenen / sarja. Sarjoja tehtiin pääsääntöisesti kolme kussakin liikkeessä. Muutamassa selkä- ja vatsalihasliikkeessä tehtiin viisi sarjaa. Palautusaika oli kaksi minuuttia sarjojen välissä.

**TAULUKKO 8: HIT- ja LIT-ryhmän perusvoimaohjelmat**

<b>PERUSVOIMA 1</b>	Toistot	Sarjat	Palautus (min)	Kuorma (%/ 1 RM)
Lämmittely + venyttely				
Takakytky 90 ast	10	3	2	60- 80%
Vatsat lisäpainoilla "Häkki"	10	3	2	60- 80%
Kiertävät vatsat kahvakuula/ levypaino	10	3	2	60- 80%
Selkälihasliike lisäpainolla "Työntölaite"	10	5	2	60- 80%
Ylätalja	10	5	2	60- 80%
Vinopenkki 45 astetta	10	3	2	60- 80%
Pohkeille nousu tangon kanssa	10	3	2	60- 80%
Loppuverryttely + venyttely				
<b>PERUSVOIMA 2</b>	Toistot	Sarjat	Palautus min	Kuorma (%/ 1 RM)
Lämmittely + venyttely				
Maastaveto	10	3	2	60- 80%
Pystypunnerrus tangolla	10	3	2	60- 80%
Suorat vatsalihakset lisäpainoilla	10	5	2	60- 80%
Selkälihasliike lisäpainolla	10	5	2	60- 80%
Rintalihakset käsipainoilla (perhonen 45 astetta)	10	3	2	60- 80%
Ylätalja	10	3	2	60- 80%
Alatalja	10	3	2	60- 80%
Ojentajakääntö taljalla	10	3	2	60- 80%
Loppuverryttely + venyttely				

Jälkimmäisen kolmen viikon harjoittelussa keskityttiin räjähtävän voiman ja maksimivoiman harjoittamiseen. Maanantain voimaharjoituksessa suoritukset tehtiin räjähtävästi 50–80 prosenttia maksimista toistomäärien ollessa 1–3. Torstaina kuormana käytettiin 80–100 prosent-

tia maksimista, ja toistoja tehtiin edelleen 1–3. Sarjoja tehtiin kaikissa liikkeissä molempina voimaharjoituspäivinä kolme, ja palautusaika sarjojen välillä pysyi kahdessa minuutissa.

**TAULUKKO 9: HIT- ja LIT-ryhmän räjähtävän voiman ja maksimivoiman ohjelmat**

<b>Räjähtävävoima</b>	Toistot	Sarjat	Palautus (s)	Kuorma/ (%/1 RM)
Lämmittely + venyttely				
Takakyökky	1-3	3	30	60- 80%
Ylätalja	1-3	3	30	60- 80%
Vinopenkki 45 astetta	1-3	5	30	60- 80%
Suorat vatsalihakset lisäpainoilla	1-3	5	30	60- 80%
Hauiskääntö	1-3	3	30	60- 80%
Loppuverryttely + venyttely				
<b>Maksimivoima</b>	Toistot	Sarjat	Palautus (min)	Kuorma/ (%/1 RM)
Lämmittely + venyttely				
Jalkaprässi	1-3	3	2	80-100%
Vatsat lisäpainoilla (häkki)	1-3	3	2	80-100%
Suorat selät lisäpainoilla (työntölaite)	1-3	5	2	80-100%
Penkkipunnerrus	1-3	3	2	80-100%
Alatalja	1-3	5	2	80-100%
Loppuverryttely + venyttely				

## 8.4 Mittausmenetelmät

Aloitustestit suoritettiin kaksi viikkoa ennen kuuden viikon harjoittelujaksoa, ja lopputestit tehtiin heti harjoittelujakson jälkeisellä viikolla. Aloitustestit pidettiin 22–25.4.2013 välisenä aikana ja lopputestit järjestettiin 17–20.6.2013 välisenä aikana. Harjoitusjakson neljännellä viikolla tehtiin välitestit 27–29.5.2013, joissa mitattiin hormonipitoisuudet, isometrinen maksimivoima, lihaskunto ja anaerobinen taakankantokyky. Välitestit vaikuttivat neljännen viikon harjoitteluun siten, että maanantain voimaharjoitus oli yhdistettynä maksivoimatestiin ja lihaskuntotestiin.

Kestävyys suorituskykyä testattiin 12-minuutin juoksutestillä ja taakankantotestillä (4\*1km). Molemmat kestävyystestit suoritettiin 200 metrin mittaisessa sisäurheiluhallissa. Testeissä



mitattiin suoritukseen käytettävää aikaa, matkanmittausta, sydämen syketaajuutta sykemittarilla (Polar RS-300) ja veren laktaattipitoisuuksia (Lactate Pro, Arkray Inc., Kyoto, Japan). Hormonipitoisuudet (kortisoli, testosteroni) ja IGF-1 entsyymipitoisuus mitattiin ennen harjoittelua aloitustestiviikolla ja harjoittelun jälkeen lopputestiviikolla. Ennen harjoittelua ja harjoittelun jälkeen mitattiin myös osallistujien kehon koostumus. Kehonkoostumuksen mitauksissa käytettiin Inbody 720 (Biospace, Seoul, Korea) bioimpedanssimittaus-laitetta, jonka tulokset perustuvat kehon eri kudosten kykyyn johtaa sähköä. Kestävyytestien ohella tutkimuksessa mitattiin koehenkilöiden maksimivoimatasot, lihaskunto ja anaerobinen taakankantokyky ennen harjoittelua, harjoittelun puolivälissä ja harjoittelun lopussa. (Taulukko 10.)

TAULUKKO 10: Alku- ja lopputestien ohjelma

	MAANANTAI	TIISTAI	KESKIVIikko	TORSTAI
AP	HORMONIMITTAUS -Testostreni -Kortisoli -IGF-1	KEHON KOOSTUMUKSEN MITTAUS	HAAVOITTUNEEN EVAKUOINTI -nuken paino n. 80 kg -suorituksen kesto n. 20 sek	TAAKANKANTOTESTI -4*1 km (6km/h, 8km/h, 10km/h ja maksimi) -varustuksen paino n. 35,8 kg
IP	MAKSIMIVOIMA -Jalkojen ojentajat -Keskivartalon koukistus -Käsivarsien ojennus	12-MINUUTIN JUOKSUTESTI		
	LIHASKUNTOTESTI			

12-minuutin juoksutesti järjestettiin sisäurheiluhallissa 200 metrin radalla ennen harjoittelujaksoa 23.4.2013 ja harjoittelujakson jälkeen 18.6.2013. Ennen juoksutestiä otettiin veren laktaattipitoisuus kaikilta koehenkilöiltä, jonka jälkeen suoritettiin alkuverryttely. Alkuverryttely sisälsi 10 minuuttia kestäneen juoksuosuuden, josta seitsemän minuuttia oli kevyttä peruskestävyyssvauhtia ja kolme minuuttia oli kiihtyvää vauhtia aina 12-minuutin oletettuun juoksu- vauhtiin saakka. Tämän jälkeen oli lyhyt liikkuvuusosio, jossa tehtiin lyhyet 10 sekunnin venytykset lonkan koukistajiin, takareisiin, etureisiin ja pohkeisiin. Tämän jälkeen koehenkilöt tekivät vielä noin viiden minuutin juoksuosuuden, johon sisältyi kolme kertaa 15 sekunnin kiihdytys. Sen vauhdin tuli olla hieman oletettua 12-minuutin juoksutestin keskivauhtia kovempaa. Verryttelyn kokonaiskesto oli noin 20 minuuttia.

12-minuutin juoksutesti suoritettiin neljän koehenkilön ryhmissä. Jokaiselle koehenkilölle oli oma mittaajansa. (Kuva 5.) Testin aikana oli käytössä (Alge Timing) ajanottokello, josta koehenkilöt pystyivät seuraamaan aikaa. Testin aikana koehenkilöitä ei kannustettu. 12-minuutin

täyttyessä vihellettiin pilliin, jolloin koehenkilöt pysähtyivät ja jäivät paikalleen. Tarkkojen tulosten saamiseksi testaajat merkitsivät kartioilla kohdan, jossa koehenkilö oli ollut 12 minuutin täyttyessä. Yksi minuutti testin päättymisen jälkeen koehenkilöiltä mitattiin veren laktaattipitoisuus. Tämän jälkeen oli vuorossa loppuverryttely, joka oli kestoaltaan yhdeksän minuuttia. Koehenkilöitä ohjeistettiin tekemään loppuverryttely sykealueella, joka oli 72 prosenttia heidän maksimisykkeestään. Yhdeksän minuutin loppuverryttelyn jälkeen koehenkilöiltä mitattiin uudestaan veren laktaattipitoisuus, joka sijoittui 10 minuuttia testin päättymisen jälkeiseen ajankohtaan. 12-minuutin juoksutestin tulosten arvioinnissa käytettiin Cooperin kehittämää ennustekaavaa, joka antaa lopputulokseksi maksimaalisen hapenottokyvyn arvon (juostu matka m-504,9 / 44,73) (Keskinen ym. 2004, 109).



KUVA 5: 12-minuutin juoksutesti suoritettiin neljän henkilön ryhmässä sisähallissa

Taakankantotesti suoritettiin ennen harjoittelujaksoa 25.4.2013 ja harjoittelujakson jälkeen 20.6.2013. Testi suoritettiin urheiluhallissa 200 metrin radalla ilman alkuverryttelyä. Testissä tehtiin kolme kertaa yhden kilometrin veto eri submaksimaalisilla vauhdeilla valojäniksen tahdittamana. Tämän jälkeen oli vuorossa vielä yhden kilometrin maksimaalinen suoritus. Testissä käytettävät submaksimaaliset vauhdit olivat 6, 8 ja 10 km/h. 6km/h onnistui kävellen, mutta muissa vauhdeissa oli juostava, jotta valojäniksen seuraaminen oli mahdollista. Asetta kannettiin ilman hihnaa yhdellä kädellä piippu alaspäin. (Kuva 6.)



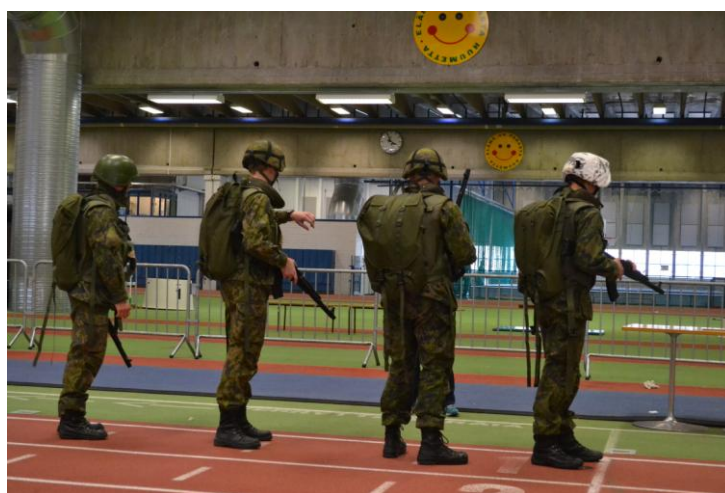
KUVA 6: Taakankantotestin aloitusvauhti (6km /h)

Submaksimaalisten vetojen välissä oli noin kolmen minuutin palautus, jonka aikana koehenkilöille suoritettiin mittaukset. Välittömästi vedon päättymisen jälkeen koehenkilöt siirtyivät istumaan heille varatuille tuoleille, joissa he kertoivat RPE:n ja sykkeen vedon päättyessä. (Kuva 7.) Tämän jälkeen testaajat ottivat heiltä verinäytteen sormenpäästä laktaattipitoisuuden mittaamista varten. Yhtä testaajaa kohden oli 1–2 koehenkilöä mittauksissa. Kaksi alkua ja lopputestin suorittaneista henkilöistä (HIT: 1, LIT: 1) ei kyennyt suorittamaan viimeistä submaksimaalista nopeutta (10km/h) vaan tekivät maksimisuorituksen toisen nopeuden (8km /h) jälkeen.



KUVA 7: Taakankantotestin mittaukset suoritettiin jokaiselle testattavalle varatulla istumapaikalla

Varustuksena taakankantotestissä käytettiin taistelija 2005- varustusta, johon sisältyivät kypärä, ase, maastopuku (M05), varsikengät, luotisuojaaliivi ja reppu. Aseena oli käytössä kumista valmistettu asekäsittelyase, joka vastasi painoltaan ja muodoltaan oikeaa rynnäkkökivääriä. Repussa käytettiin lisäpainona yhtä 15 kg:n levypainoa sekä pehmusteena jumppamattoa. Luotisuojaaliiveissa olivat etu- ja takalevyt paikoillaan, joiden yhteenlaskettu paino oli noin 11 kg. Varustuksen kokonaispaino ase, reppu, luotisuojaaliivi ja vaatetus mukaan lukien oli 35,8 kg. (Kuva 8.)



KUVA 8: Taistelija (05) -varustusta käytettiin taakankantotestissä

Kehon koostumus mitattiin bioimpedanssi menetelmällä Maanpuolustuskorkeakoululla alku- ja lopputestiviikolla tiistaina 23.4.2013 ja 18.6.2013 klo 06:30 – 07:30 välisenä aikana. Koehenkilöitä kehoitettiin tulemaan mittaukseen yön yli kestäneen paaston jälkeen, jonka aikana ei ollut lupa syödä eikä juoda. Mittaus suoritettiin kunkin koehenkilön kohdalla samalla laitteella alku- ja lopputesteissä, jotta voitiin estää laitteiden mittauseroista johtuvat muutokset kehon koostumuksessa. (Kuva 9.)





KUVA 9: Kehonkoostumuksen mittaaminen

Hormonipitoisuuksista analysoitiin veren kortisoli -ja testosteronipitoisuudet sekä IGF-1 pitoisuus. Sairaanhoitajat ottivat analysointiin tarvittavat verinäytteet Santahaminan varuskunnan terveysasemalla, josta ne kuljetettiin välittömästi Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laboratorioon analysoitaviksi. Pitoisuuksien määrittämisessä käytettiin hormonimittauksiin soveltuvaa laitetta (Immulite 1000, Siemens Healthcare, United Kingdom.) ja analyysimenetelmänä oli kemiluminometrinen immunologinen analyysimenetelmä.

Koehenkilöitä ohjeistettiin saapumaan verinäytemittauksiin yön yli kestäneen paaston jälkeen. Heitä myös kehoitettiin välttämään ylimääräistä raskasta vuorokausi ennen näytteen ottoa. Verinäytteet otettiin maanantaiaamuisin kolme kertaa harjoitusjakson aikana klo 06:30 – 9:00 välisenä aikana. Näytteet otettiin ennen harjoittelujaksoa 22.4.2013, harjoittelujakson puolivälissä 27.5.2013 ja harjoittelujakson päättymisen jälkeen 17.6.2013.

## 8.5 Tilastolliset menetelmät

Kaikki tulokset analysoitiin SPSS 21 -ohjelmistolla. Tuloksissa ilmoitettiin keskiarvot, keskihajonnat sekä kestävyystestien maksimisuoritusarvojen minimi- ja maksimi-arvot. Ryhmien välisiä eroja ja tulosten tilastollista merkittävyyttä testattiin ei-parametrisia testejä käyttäen. Tilastol-

lisiä merkitsevyyksiä selvitettiin Mann-Whitney U- ja Wilcoxon-Ranks -testeillä. Ei-parametrisia testejä käytettiin, koska muuttujat eivät olleet normaalisti jakautuneita ja koehenkilöiden määrä oli vähäinen. Muuttujien väliset yhteydet selvitettiin muodostamalla uudet muuttujat kaikista testeistä. Näihin muuttujiin otettiin alku- ja lopputestin välinen erotus, jolloin saatiin jokaiselle koehenkilölle muutos tutkimusjakson tuloksista. Nämä muutokset analysoitiin Pearsonin korrelaatio menetelmää käyttäen. Alkutestissä saatujen suorituskäytösten, kehon koostumuksen ja fysiologisten vasteiden yhteyksiä selvitettiin myös Pearsonin mallia käyttäen.

Hormonimittausten välitestin puuttuvat tulokset täydennettiin koko otoksen keskiarvoilla. Puuttuvien tulosten poistaminen kokonaan hormoneiden analyysistä olisi aiheuttanut jo entistään pienen otannan supistumisen. Välitestin hormonituloksiin on siis suhtauduttava varauksella. Hormonimittausten alku- ja lopputestin tuloksissa on ilmoitettu vain niiden henkilöiden tulokset, jotka osallistuivat sekä alku- että loppumittauksiin. Kestävyystestien tulosten muutosten analyysissä otettiin huomioon vain niiden henkilöiden suoritukset, jotka suorittivat sekä alku- että lopputestit.

## 9 TULOKSET

### 9.1 Kestävyyssuorituskyky

#### 9.1.1 12-minuutin juoksutesti

12-minuutin juoksutestissä HIT-ryhmä ( $5,0 \pm 3,2$  %) ja KON-ryhmä ( $4,7 \pm 2,7$  %) paransivat juoksumatkaansa merkitsevästi ( $p < 0.05$ ). Sen sijaan LIT-ryhmä ( $1,3 \pm 1,9$  %) ei parantanut merkitsevästi tulostaan. Ryhmien välisissä muutosten vertailuissa LIT-ryhmä erosi muista ryhmistä. ( $p < 0.05$ ) (Taulukko 11.)

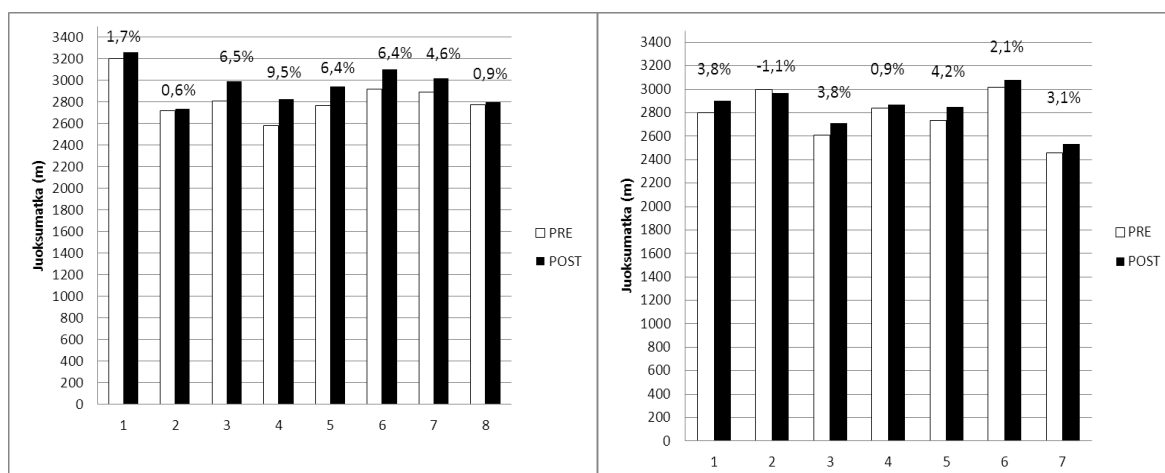
Testin jälkeisissä laktaattipitoisuuksissa ja syketaajuuksissa ei esiintynyt millään ryhmällä merkitseviä muutoksia alku- ja lopputestin välillä. Laktaattien poistumisnopeudessa ei esiintynyt merkitseviä muutoksia alku- ja lopputestin välillä. Kuitenkin yksilölliset vaihtelut laktaattien poistumisnopeudessa olivat suuret. (Taulukko 11.)

TAULUKKO 11: 12-minuutin juoksutestin laktaattipitoisuudet, sykkeet ja juostu matka

	PRE HIT n=8	POST HIT n=8	PRE LIT n=7	POST LIT n=7	PRE KON n=6	POST KON n=6
Lepo LA (mmol/L)	$1,4 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,6$	$2,2 \pm 1,1$	$1,6 \pm 0,4$	$1,4 \pm 0,6$	$1,4 \pm 0,4$
13min LA (mmol/L)	$13,1 \pm 4,2$	$14,2 \pm 2,9$	$11,1 \pm 5,4$	$11,5 \pm 2,7$	$14,7 \pm 2,2$	$12,3 \pm 1,8$
22min LA (mmol/L)	$10,2 \pm 4,2$	$8,0 \pm 1,3$	$5,1 \pm 2,2$	$5,4 \pm 2,7$	$9,3 \pm 2,6$	$9,2 \pm 3,2$
Maks. syke (b/min)	$197 \pm 5$	$194 \pm 5$	$194 \pm 7$	$193 \pm 8$	$200 \pm 8$	$198 \pm 7$
Keskisyke (b/min)	$183 \pm 8$	$180 \pm 9$	$182 \pm 7$	$182 \pm 10$	$189 \pm 3$	$187 \pm 6$
Ver. syke (b/min)	$143 \pm 3$	$138 \pm 5$	$134 \pm 10$	$136 \pm 16$	$146 \pm 10$	$141 \pm 16$
Matka (m)	$2848 \pm 190$	$2991 \pm 158^*$	$2806 \pm 201$	$2844 \pm 177$	$2887 \pm 204$	$3024 \pm 222^*$

\*=  $p > 0,05$

Tarkasteltaessa yksilökohtaisia tuloksia 12-minuutin juoksutestissä voidaan havaita suuria vaihteluita eri koehenkilöiden kesken. HIT-ryhmässä pienin tulosparannus oli 0,6 prosenttia (15 m), KON-ryhmässä 1,9 prosenttia (49 m) ja LIT-ryhmässä tulos heikkeni yhdellä koehenkilöllä 1,1 prosenttia (32 m). HIT-ryhmässä suurin tulosparannus oli 9,5 prosenttia (245 m), LIT-ryhmässä 4,2 prosenttia (114 m) ja KON-ryhmässä 9,4 prosenttia (262 m). (Kuva 10.)



**HIT**

**LIT**

KUVA 10: HIT- ja LIT-ryhmän yksilökohtaiset juoksumatkat (m) ja matkan muutokset prosentteina

### 9.1.2 Taakankantotesti

HIT-ryhmä ( $14,8 \pm 5,4$  %) ja KON-ryhmä ( $14,8 \pm 5,2$  %) paransivat taakankantotestin 1 km:n maksisuoritusaikaansa merkitsevästi ( $p < 0,05$ ). LIT-ryhmällä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta ( $4,9 \pm 5,4$  %). HIT-ryhmän sykkeiden muutokset erosivat LIT- ja KON-ryhmästä vauhdeilla 6 ja 8 km / h ( $p < 0,05$ ). (Taulukko 12.)

HIT-ryhmällä sykkeet olivat pudonneet merkitsevästi vauhdeilla 6 km/h: pre; $139 \pm 10$  vs post; $128 \pm 13$  ( $p < 0,05$ ) ja 8 km/h: pre; $178 \pm 6$  vs. post; $169 \pm 9$  ( $p < 0,05$ ). Muilla ryhmillä sykkeissä ei esiintynyt merkitsevää muutosta. (Taulukko 12.)

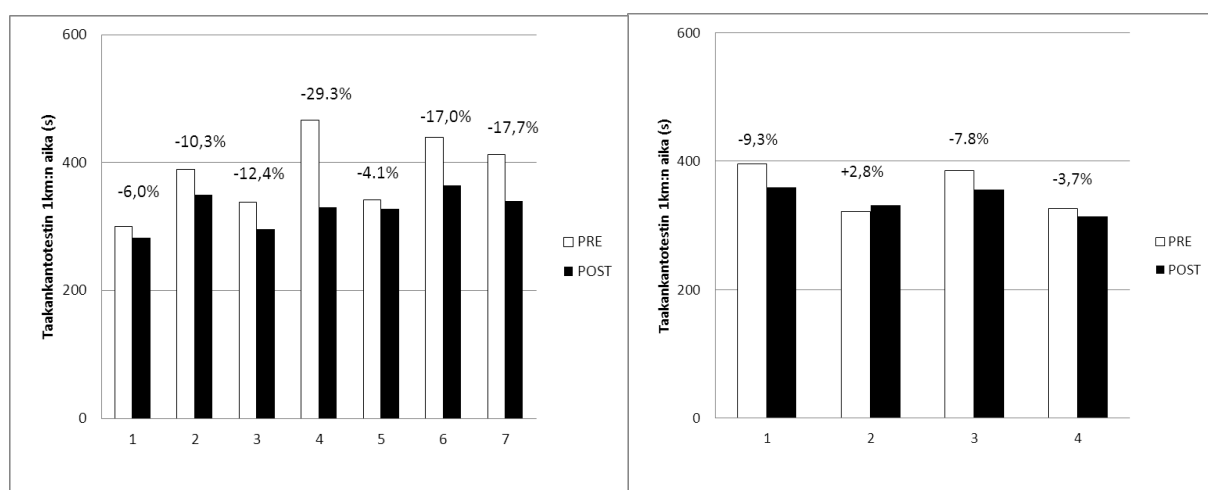


TAULUKKO 12: Taakankantotestin sykkeet (b/min) 6 km/h, 8km/h, 10km/h, 1km:n maksimisuorituksessa ja 1 km:n maksimisuorituksen keskiarvoajat.

	PRE HIT n=7	POST HIT n=7	PRE LIT n=4	POST LIT n=4	PRE KON n=4	POST KON n=4
6km/h syke (b/min)	139±10	128±13*	128±19	134±17	146±22	142±23
8km/h syke (b/min)	178±6	169±9*	171±9	171±6	173±18	172±20
10km/h syke (b/min)	189±7	187±8	182±3	184±2	191±13	187±15
Maks. syke (b/min)	195±6	197±6	190±4	193±5	197±5	198±10
Aika/s 1 km maks.	384±68	323±30*	358±39	340±21	382±91	326±60*

\*= p>0,05

Taakankantotestin maksimisuoritusajan yksilökohtaisia tuloksia tarkastellessa voidaan havaita, että yleisesti ottaen eniten aikaansa prosentuaalisesti paransivat kummassakin harjoitteluryhmässä ne henkilöt, joilla alkutestin aika oli lähellä 400 sekuntia tai sen yli. KON-ryhmän tulosparannukset olivat myös suurimmat yli 400 sekuntia alkutestissä juosseilla henkilöillä. Pienin ajan parannus HIT-ryhmässä oli 4,1 prosenttia (14 s), KON-ryhmässä 8,9 prosenttia (28 s) ja LIT-ryhmässä aika huononi yhdellä koehenkilöllä 2,8 prosenttia (9 s). HIT-ryhmässä suurin parannus oli 29,3 prosenttia (137 s), LIT-ryhmässä 9,3 prosenttia (37 s) ja KON-ryhmässä 19,2 prosenttia (86 s). (Kuva 11.)



**HIT**

**LIT**

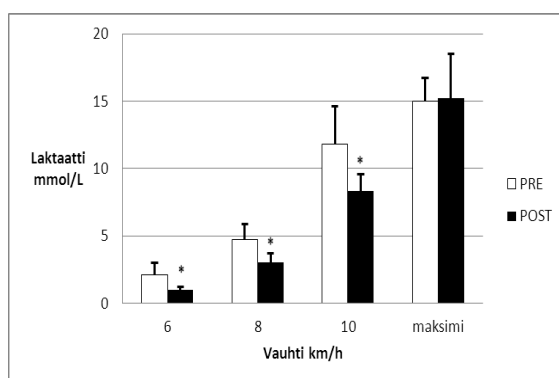
KUVA 11: Taakankantotestin 1 km:n ajan muutokset (s) ja (%) alku- ja lopputestin välillä HIT- ja LIT-ryhmän henkilöillä.

Laktaattipitoisuuksissa esiintyi tilastollisesti merkitseviä muutoksia HIT-ryhmällä jokaisella submaksimaalisella vauhdilla. 6 km/h: pre;  $2,0 \pm 0,8$  vs. post;  $1,0 \pm 0,1$  mmol/L ( $p<0,05$ ), 8km/h: pre;  $5,0 \pm 1,3$  vs  $3,2 \pm 0,8$  mmol/L ( $p<0,05$ ) ja 10 km/h: pre;  $11,8 \pm 2,8$  mmol/L vs. post;  $8,3 \pm 1,3$  mmol/L ( $p<0,05$ ). LIT- ja KON-ryhmien laktaattipitoisuuksissa ei muutoksia esiintynyt. Lepolaktaattipitoisuuksissa ja maksimilaktaateissa millään ryhmällä ei esiintynyt merkitseviä muutoksia. Laktaattipitoisuuden muutokset pre vs. post erosivat HIT- ja LIT-ryhmän kesken vauhdeilla 6 km / h ( $p<0,05$ ) ja 10 km/ h ( $p<0,05$ ). (Taulukko 13, kuva 12.)

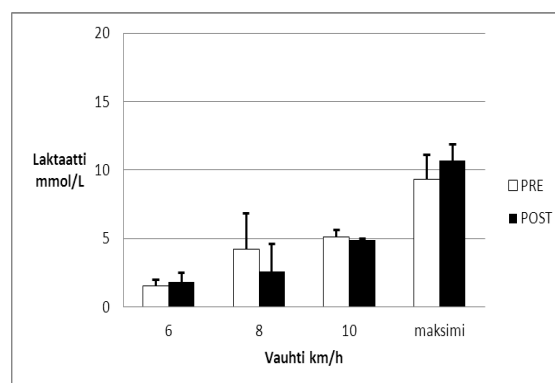
**TAULUKKO 13:** Taakankantotestin laktaatit (LA) lepotilanteessa, 6 km/h, 8km/h, 10km/h ja maksimivedon jälkeen.

Laktaatit (LA) (mmol/L)	PRE (HIT) n=6	POST (HIT) n=6	PRE (LIT) n=4	POST (LIT) n=4	PRE (KON) n=4	POST (KON) n=4
Lepo LA (mmol/L)	$1,6 \pm 0,4$	$1,2 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,4$	$2,2 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,4$
6km/h LA (mmol/L)	$2,0 \pm 0,8$	$1,0 \pm 0,1^*$	$1,5 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,7$	$1,9 \pm 0,8$	$1,6 \pm 0,4$
8km/h LA (mmol/L)	$5,0 \pm 1,3$	$3,2 \pm 0,8^*$	$4,2 \pm 2,6$	$2,6 \pm 2,0$	$5,2 \pm 3,6$	$3,4 \pm 1,9$
10km/h LA (mmol/L)	$11,8 \pm 2,8$	$8,3 \pm 1,3^*$	$5,1 \pm 0,5$	$4,9 \pm 0,1$	$9,9 \pm 4,7$	$7,9 \pm 3,6$
Maks. LA (mmol/L)	$15 \pm 1,7$	$15,2 \pm 3,3$	$9,3 \pm 1,8$	$10,7 \pm 1,2$	$13,5 \pm 1,8$	$15,9 \pm 0,5$

\*=  $p<0,05$



**HIT**



**LIT**

**KUVA 12:** Taakankantotestin laktaatit HIT- ja LIT-ryhmällä (pre vs. post) vauhtien 6 km/h, 8 km/h, 10 km/h ja maksimivedon jälkeen.

Kun tarkastellaan HIT-ryhmän muutoksia yksilökohtaisesti fysiologisten vasteiden ja kestävyys suorituskyvyn osalta, voidaan havaita samansuuntaista vähenemistä veren laktaattipitoisuuksissa, mutta sykkeiden muutoksissa esiintyy enemmän vaihtelua. Veren laktaattipitoisuudet taakankantotestissä olivat alhaisemmat jokaisella HIT-ryhmän koehenkilöillä kaikilla submaksimaalisilla vauhdeilla. Syketaajuuksien muutoksissa esiintyi yksilökohtaisia vaihte-

luita eri vauhdeilla. Yhdellä koehenkilöllä syketaajuudet olivat korkeammat harjoittelun jälkeisessä testissä. Kaikilla muilla koehenkilöillä submaksimaalisen vauhdin sykkeet olivat pudonneet lukuun ottamatta yhden koehenkilön 10km/h sykettä, joka oli kohonnut. IGF-1 pitoisuudet olivat kohonneet kaikilla koehenkilöillä, mutta kohoamisen määrässä esiintyi vaihteluita. Eniten IGF-1 kohosi 60,7 prosenttia ja vähiten 11,1 prosenttia. (Taulukko 14).

**TAULUKKO 14:** Taakankantotestin syketaajuuksien, laktaattipitoisuuksien ja maksimisuoritusaikojen, 12-minuutin juoksutestin ja IGF-1 pitoisuuksien yksilökohtaiset muutokset HIT-ryhmäläisillä.

Koehenkilöt (HIT)	1	2	3	4	5	6	7
LA (mmol/l) 6 km/ h	pre; 1,3 vs. post; 0,8	pre; 1,6 vs. post; 1,0	pre; 3,1 vs. post; 0,9	pre; 2,3 vs. post; 1,0	pre; 1,0 vs. post; 0,8	pre; 3,0 vs. post; 1,0	pre; 1,8 vs. post; 1,2
LA (mmol/l) 8 km/ h	pre; 3,6 vs. post; 2,6	pre; 6,7 vs. post; 4,3	pre; 4,2 vs. post; 1,9	pre; 6,9 vs. post; 3,6	pre; 5,3 vs. post; 3,8	pre; 4,0 vs. post; 3,1	pre; 4,2 vs. post; 3,0
LA (mmol/l) 10 km/ h	pre; 10,4 vs. post; 6,7	-	pre; 13,4 vs. post; 7,9	pre; 14,7 vs. post; 9,4	pre; 14,4 vs. post; 10,1	pre; 7,9 vs. post; 7,3	pre; 10,0 vs. post; 8,6
Syke (b/min) 6 km/ h	pre; 134 vs. post; 136	pre; 140 vs. post; 137	pre; 137 vs. post; 115	pre; 139 vs. post; 110	pre; 123 vs. post; 117	pre; 153 vs. post; 137	pre; 149 vs. post; 142
Syke (b/min) 8 km/ h	pre; 177 vs. post; 177	pre; 180 vs. post; 175	pre; 172 vs. post; 160	pre; 172 vs. post; 156	pre; 175 vs. post; 167	pre; 177 vs. post; 170	pre; 190 vs. post; 181
Syke (b/min) 10 km/ h	pre; 185 vs. post; 192	-	pre; 181 vs. post; 176	pre; 190 vs. post; 178	pre; 186 vs. post; 192	pre; 192 vs. post; 186	pre; 200 vs. post; 197
IGF-1 (nmol/l)	pre; 18,3 vs. post; 29,4 (60,7 %)	pre; 15,9 vs. post; 23,7 (49,0 %)	pre; 17,6 vs. post; 23,4 (36,5 %)	pre; 17,2 vs. post; 26,9 (56,4 %)	pre; 23,9 vs. post; 30 (25,5 %)	pre; 20,5 vs. post; 30,6 (49,3 %)	pre; 21,7 vs. post; 24,1 (11,1 %)
Muutos % Taakankanto aika (s) (pre vs post)	-6,0	-10,3	-12,4	-29,3	-4,1	-17,0	-17,7
Muutos % 12- min juoksu (pre vs post)	+1,7	+0,6	+6,5	+9,5	+6,4	+6,4	+4,6

## 9.2 Kehon koostumus

Kehon koostumuksen osalta KON-ryhmän vyötärön ympärys pieneni 2,4 prosenttia ( $p<0.05$ ). Muita kehon koostumukseen liittyviä muutoksia ei havaittu missään ryhmässä. (Taulukko 15.)

TAULUKKO 15: HIT-, LIT- ja KON-ryhmien keskiarvot ja keskihajonnat (pre vs. post) painossa, rasvaprocentissa, rasvattomassa massassa ja vyötärön ympäryksessä

	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
	HIT	HIT	LIT	LIT	KON	KON
	n=8	n=8	n=7	n=7	n=6	n=6
Paino (kg)	87,9 ±12,1	87,5±11,9	84,9±7,3	84,7±8,8	77,8±7,2	77,9±8,8
Rasvaprocentti %	13,4±2,8	13,1±2,7	16,9±4,1	15,9±4,3	13,1 ±3,0	12,1±4,3
Rasvaton massa (kg)	75,9 ±8,9	75,9±8,6	70,9±5,0	70,9±4,9	67,6 ±6,1	68,4±7,1
Rasvamassa (kg)	11,9±4,0	11,6±3,8	14,5±3,9	13,7±4,5	10,2±2,9	9,5±4,0
Vyötärön ympärys (cm)	86,0±7,7	84,0±7,1	87,0±5,3	86,0±6,7	82,0±4,6	80,0±4,7*

\*= $p<0.05$

## 9.3 Hormonit

HIT-ryhmän IGF-1 pitoisuuden määrä veressä kasvoi koko harjoittelujakson ajan (pre vs post 35,9 %,  $p<0,05$ ). Kuitenkaan HIT-ryhmän veren testosteronipitoisuuksissa ei esiintynyt muutoksia. LIT-ryhmän IGF-1 pitoisuus kasvoi koko tutkimusjakson ajan (pre vs post + 39,0 %,  $p<0,05$ ) ja testosteronipitoisuuksien määrä veressä kasvoi alku- ja välitestin välillä (pre vs mid +11,0 %,  $p<0,05$ ), mutta ei lisääntynyt enää harjoittelun jälkimmäisen kolmen viikon aikana. KON-ryhmän IGF-1 pitoisuuden määrä veressä kasvoi tilastollisesti merkitsevästi alku- ja välitestin välillä (pre vs mid +23,6 %,  $p<0,05$ ). KON-ryhmän testosteronipitoisuus laski sen sijaan alku- ja lopputestin välillä (pre vs post -21,6 %,  $<0,05$ ). Kortisolipitoisuuksissa ei esiintynyt muutoksia millään ryhmällä. (Taulukko 16.)

TAULUKKO 16: Testosteronin, kortisolin ja IGF-1:n pitoisuudet alku-, väli-, ja loppu-testissä

Hormonipitoisuudet nmol/l	PRE KA+KH	MID KA+KH	POST KA+KH	PRE- MID p	MID- POST p	PRE- POST p
Testosteroni (HIT) n=8	19,9±7,2	18,3±3,7	19,0±3,0	.484	.208	.889
Testosteroni (LIT) n=7	15,9±3,5	17,7±4,8	15,8±6,2	.042*	.116	.866
Testosteroni (KON) n=6	20,0±6,3	17,2±6,4	15,7±6,1	.046*	.345	.046*
Kortisoli (HIT) n=8	500,0±74,1	517,2±103,1	421,8±98,7	.674	.123	.093
Kortisoli (LIT) n=7	527,1±88,5	529,6±71,0	465,8±111,7	1	.176	.176
Kortisoli (KON) n=6	494,7±65,3	521,8±49,0	484,5±60,6	.753	.463	.917
IGF-1 (HIT) n=8	19,2±2,6	25,5±3,5	26,6 ±3,1	.012*	.889	.012*
IGF-1 (LIT) n=7	17,3± 4,3	23,0±6,2	24,0±4,9	.018*	.310	.018*
IGF-1 (KON) n=6	17,7±2,5	23,8±3,1	21,8±4,5	.028*	.249	.075

\*=p<0.05

#### 9.4 Eri muuttujien väliset yhteydet kestävyysuorituskykyyn

Muuttujien välisiä yhteyksiä verrattiin alkutestien tulosten kesken Pearsonin korrelaatioker-toimella. Tulosten tarkasteluun otettiin huomioon kaikki alkutestit suorittaneet koehenkilöt.

Taakankantotestin 1 km:n maksimisuoritusajan ja 12-minuutin juoksutestin matkan välillä oli merkitsevä yhteys ( $r=-0,57$   $p<0,05$ ) (Taulukko 19, Kuva 13). Taakankantotestin 1 km:n ajalla ( $r=-0,44$   $p<0,05$ ) ja 12-minuutin juoksutestin matkalla ( $r=-0,47$   $p<0,05$ ) havaittiin merkitsevät yhteydet kehon rasvaprosentin välillä. Kehon painolla ( $r=-0,62$   $p<0,05$ ) ja rasvattomalla mas-salla ( $p=-0,52$   $p<0,05$ ) oli merkitsevä yhteys ainoastaan 12-minuutin juoksutestin matkan kanssa. (Taulukko 17.)

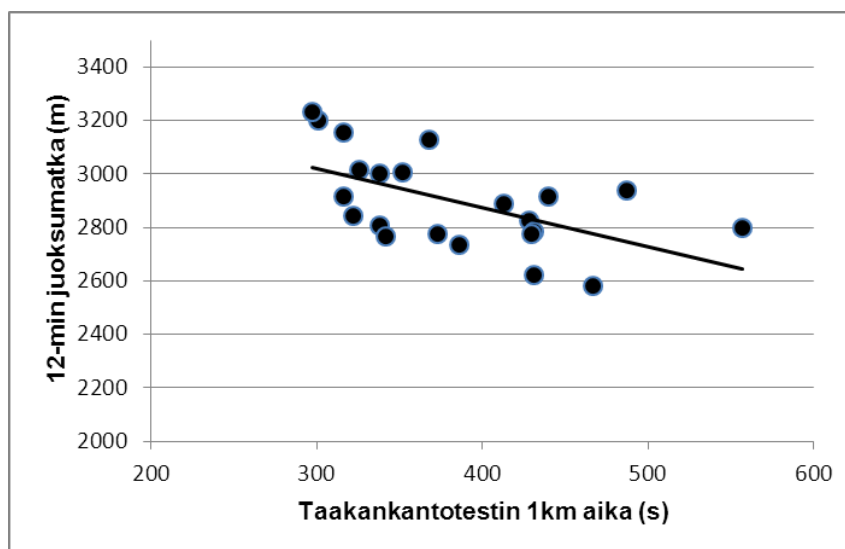
Taakankantotestin laktaattipitoisuudet eri vauhdeilla korreloivat taakankantotestin ajan kans-sa. Vahvin korrelaatio 1 km:n ajan kanssa oli vauhdilla 8km/h ( $r=0,79$   $p<,001$ ). 12-minuutin juoksutestin matkan kanssa korreloivat taakankantotestin laktaattipitoisuudet 8km/h ( $r=0,47$   $p<0,05$ ) ja 10km/h ( $r=0,58$   $p<0,05$ ) olevilla vauhdeilla. Taakankantotestin vauhdilla 6km/h laktaattipitoisuus ei korreloinut 12-minuutin juoksutestin matkan kanssa.

12-minuutin juokсутестin perusteella saatu laskennallinen hapenottokyvyn absoluuttinen arvo ( $\text{VO}_{2\text{max}}$  l/min) korreloi ainoastaan taakankantotestin 8km/h vauhdin laktaattipitoisuuksien kanssa ( $r=-0,52$   $p<0,05$ ). Muilla taakankantotestin vauhdeilla syketaajuuksissa tai laktaattipitoisuuksissa ei yhteyttä esiintynyt. Absoluuttisella hapenottokyvyllä ja taakankantotestin maksimisuorituksen ajan välillä ei esiintynyt yhteyttä.

Taulukko 17: Alkutestissä mitattujen muuttujien (taakankantotestin 1km:n aika, 12min juokсутестin matka, rasvaprocentti, rasvaton massa, paino ja taakankantotestin 6 km/h ,8 km/h sekä 10 km/h) väliset yhteydet

N=22	Taakan- kanto	12-min juoksu	Ras- va%	Ras- vaton massa	Paino	LA 6km/h	LA 8km/h	LA 10km/h
Taakankanto 1km:n aika		-0,57*	-0,44*	-0,10	0,09	0,58*	0,79**	0,66*
12-min juoksu matka	-0,57*		-0,47*	-0,52*	-0,62*	-0,30	-0,47*	-0,58*

\*= $p<0,05$  \*\* $p<0,01$



KUVA 13: Taakankantotestin ja 12-minuutin juokсутестin korrelaatio ( $r=-0,57$   $p<0,05$ )

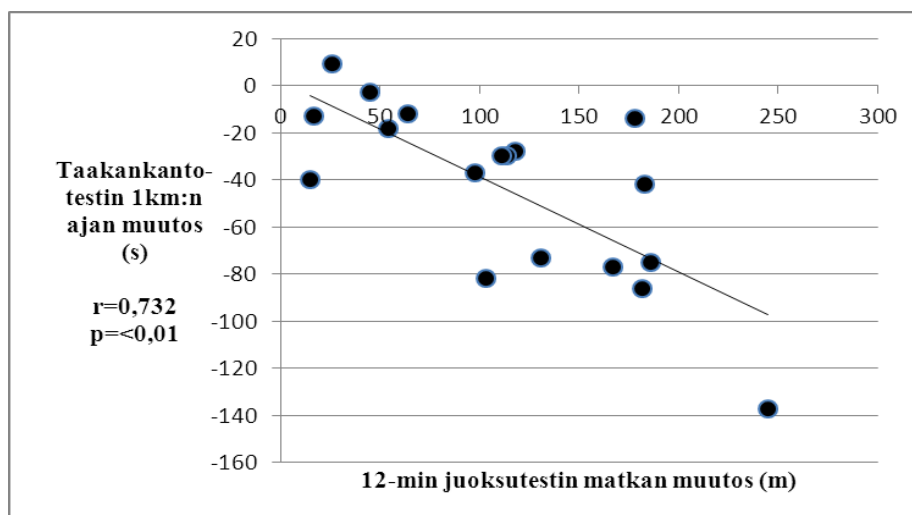
## 9.5 Kestävyyssuorituskyvyn ja fysiologisten vasteiden muutosten väliset yhteydet

Taakankantotestin 1 km:n maksimisuorituksen aika ja 12 minuutin juoksutestin matkan muutokset (pre vs. post) korreloivat keskenään tilastollisesti merkitsevästi ( $r=0,73$   $p>0,01$ ) (Kuva 14). IGF-1 entsyymi- ja hormonipitoisuuksien muutokset sekä kehon koostumuksen muutokset eivät korreloineet 12-minuutin juoksutestin eivätkä taakankantotestien muutosten välillä. Taakankantotestin laktaattipitoisuuksien muutokset submaksimaalisessa suorituksessa (6km/h) korreloivat sekä taakankantotestin 1km:n maksimivedon ajan kanssa ( $r=0,56$   $p<0,05$ ) että 12-minuutin juoksutestin matkan kanssa ( $r=0,62$   $p<0,05$ ). Myös taakankantotestin syketa-son muutokset submaksimaalisessa suorituksessa (6km/h) korreloivat sekä taakankantotestin 1km:n maksimivedon ajan ( $r=0,55$   $p<0,05$ ) että 12-minuutin juoksutestin matkan kanssa ( $r=-0,52$   $p<0,05$ ). Laktaattien ja syketasojen muutokset 8km/h ja 10km/h olevilla vauhdilla eivät korreloineet 12-minuutin juoksutestin muutosten kanssa. Kuitenkin taakankantotestin ajan muutoksen kanssa korreloivat laktaattipitoisuuden muutos vauhdilla 8km/h ( $r=0,53$   $p<0,05$ ) ja syketason muutos vauhdilla 10 km/h ( $r=0,50$   $p<0,05$ ). (Taulukko 18.)

TAULUKKO 18: Taakankantotestin 1km:n maksimisuoritusajan, 12-minuutin juoksu-  
testin, rasvaprosentin ja rasvattoman kehon massan muutosten yhteydet IGF-1-, tes-  
tosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin sekä taakankantotestin 6km/h sykkeiden ja laktaat-  
tien muutoksiin. (n=17)

	Muutos taakan- to aika / s (PRE- POST)	Muutos 12- min juoksu matka / m (PRE- POST)	Muutos rasva % (PRE- POST)	Muutos rasvaton massa / kg (PRE- POST)	Muutos IGF-1/ nmol/l(P RE- POST)	Muutos testoste- roni / nmol/l (PRE- POST)	Muutos kortisoli nmol/l PRE- POST)	Muutos LA mmol/l (PRE- POST)	Muutos SYKE b/min 6km/h (PRE- POST)
Muutos taakan- kanto aika /s (PRE – POST)	1	0,73**	0,18	-0,22	0,10	-0,26	0,02	0,56*	0,55*
Muutos 12-min juoksu (PRE-POST)	0,73**	1	-0,07	-0,07	-0,13	0,21	0,08	0,62**	-0,52*
Muutos rasva % (PRE-POST)	0,18	-0,07	1	-0,23	-0,31	0,22	0,45	0,24	0,08
Muutos rasvaton massa / kg (PRE-POST)	0,22	-0,07	-0,23	1	-0,05	-0,28	-0,09	0,11	0,03

\*=p<0,05 \*\*p<0,01



KUVA 14: Taakankantotestin 1km:n ajan (s) ja 12-min juoksutestin matkan muutok-  
sen korrelaatio



## 10 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Korkeatehoinen kestävyysharjoittelu yhdistettynä voimaharjoitteluun näyttäisi tämän tutkimuksen perusteella kehittävän kuudessa viikossa maksimaalista ja submaksimaalista taakankantokykyä sekä maksimaalista juoksusuorituskykyä. Parantuneet tulokset kestävyysuorituskyvyssä perustuivat todennäköisimmin korkeatehoinen kestävyysharjoittelun aiheuttamaan maksimaalisen hapenottokyvyn nousuun. Korkeatehoinen kestävyysharjoittelun hapenottokykyä kehittävä vaikutus ei näyttäisi häiriintyvän, vaikka voimaharjoittelua on mukana ohjelmassa. Voimaharjoittelulla sen sijaan ei nähtävästi voida korvata korkeatehoinen kestävyysharjoittelun vaikutuksia. Matalatehoinen kestävyysharjoittelu ei aiheuta muutoksia kestävyysuorituskyvyssä ainakaan lyhyellä aikavälillä samalla tavoin kuin korkeatehoinen kestävyysharjoittelu. Matalatehoinen kestävyysharjoittelun harjoitusvaikutus ei todennäköisesti tässä tutkimuksessa ollut riittävä, jotta sillä olisi ollut vaikutuksia kestävyysuorituskykyyn.

Hicksonin ym. (1988) tutkimuksissa saatiin samansuuntaisia parannuksia kestävyysuorituskyvyssä kuin tässä tutkimuksessa ilman hapenottokyvyn kasvua. Hickson ym. (1988) tutkivat kuitenkin kestävyysharjoittelustaustaisia henkilöitä, jolloin suorituksen taloudellisuuteen voidaan vaikuttaa lisätyllä voimaharjoittelulla. On kuitenkin sotilaille tehtyjä tutkimuksia, joissa myös hapenottokykyä on kyetty kehittämään yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoittelussa (Harman ym. 2008). Jos tarkastellaan yleisesti ottaen tutkimuksia, joissa hapenottokykyä on kyetty kehittämään lyhyessä ajassa, lähes poikkeuksetta niissä on harjoitteluun sisältynyt korkeatehoisia kestävyysosioita (Helgerud ym. 2007; Harman ym. 2008; Gibala & McGee 2008). Kuten aikaisemmin tuli esille, tämän tutkimuksen perusteella matalatehoinen kestävyysharjoittelu ei kehitä lyhytaikaista kestävyysuorituskykyä yhtä paljon kuin korkeatehoinen kestävyysharjoittelu, mutta on mahdollista, että matalatehoinen kestävyysharjoittelu parantaa taistelukentällä vaadittavia pitkäkestoista suoritusta vaativia ominaisuuksia. Tässä tutkimuksessa tätä ominaisuutta ei mitattu, vaikkakin alentuneet syke- ja laktaattipitoisuudet antavat viitteitä parantuneesta pitkäkestoisesta kestävyysuorituskyvystä. Pitkäkestoiseen kestävyysuoritukseen vaikuttaa myös energiavarastojen riittävyys, jota tässä tutkimuksessa ei mitattu. Tutkimuksilla on osoitettu, että matalatehoinen kestävyysharjoittelun määrä on oltava suuri, jotta kestävyysuorituskyky kehittyy (Gibala & McGee 2008). Kriisitilanteeseen valmistautuessa aika ei välttämättä riitä pitkien peruskuntoharjoitusten tekemiseen eikä pitkään nousujohteeseen harjoittelujaksoon. Korkeatehoisilla harjoituksilla voidaan tehostaa harjoitusvaikutusta ja saada parempia tuloksia lyhyessä ajassa.

Tutkimuksessa käytettävät harjoitusohjelmat valittiin henkilöiden aikaisemman harjoittelu-taustan perusteella. Tarkoituksena oli luoda ohjelma, joka sopii jo lähtötasoltaan hyväkuntoi-sille, mutta ei ole liian kuormittava myöskään vähemmän harjoitelleille. Harjoittelu eteni nou-sujohteisesti portaittain ja viikoittaiset harjoitusmäärän lisäykset olivat maltillisia. Molemmat harjoitteluohjelmat vaikuttivat koehenkilöiden palautteen perusteella olevan kuormitukseltaan sopivat suurimmalle osalle, mutta rasitusvammat vaikeuttivat harjoittelua HIT-ryhmäläisillä. On mahdollista, että HIT-ryhmän ohjelma sopi hieman paremmin hyvin harjoitelleille henki-löille, koska vähän heikommassa kunnossa olevat henkilöt joutuivat karsimaan harjoituksia pois. LIT-ryhmän matalatehoiset kestävyysharjoitukset eivät olleet kestoltaan kovin pitkiä. Näyttäisi siltä, että saman harjoitusvaikutuksen saamiseksi LIT-ryhmän ohjelmassa tulisi olla huomattavasti enemmän harjoituksia tai harjoitusten pituutta olisi lisättävä. Tällöin juoksun käyttö kestävyysharjoittelussa ei olisi välttämättä ollut enää mahdollista, vaan harjoitteluun olisi pitänyt lisätä myös muita aerobisia harjoitustapoja.

**Juoksumäärän** voimakas lisääntyminen aikaisempaan nähden saattaa vaikuttaa alaraajojen voimatasojen puutteelliseen kehittymiseen, jolloin palautuminen voimaharjoitusten välissä estyy. (Fleck & Kraemer 2004, 133-134.) Tämä osaltaan saattaa vaikuttaa kestävyystuloksiin heikentävästi, koska juoksun taloudellisuus heikkenee alentuneiden voimatasojen tai elasti-suuden myötä. (Saunders ym. 2004). Tässä tutkimuksessa ei havaittu juoksutestin eikä taa-kankantotestin tuloksissa heikentymistä, joten voidaan olettaa, että juoksumäärä ei ollut aina-kaan liian suuri kyseiselle tutkimusjoukolle.

Urheiluvammojen riski kasvaa kovalla teholla tehdyissä juoksuharjoituksissa. Toisaalta myös matalatehoinen juoksu altistaa rasitusvammoille, jos aikaisempi juoksumäärä on ollut vähäis-tä. Tutkimuksen perusteella suositellaan yhdistetyn korkeatehoisen kestävyys- ja voimahar-joittelun rinnalle huoltavaa peruskestävyysharjoittelua esim. pyörällä tai uiden.

## 10.1 Tulosten yksilökohtainen arviointi

Ryhmien koot olivat pienet ja koehenkilöiden lähtötaso oli vaihteleva, joten tuloksia analysoi-tiin myös yksilöittäin. Lisäksi yksilökohtaisella tarkastelulla voidaan päätellä, miten yhdistet-ty kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikuttavat eri harjoitustaustan omaavien henkilöiden tulok-siin. Yksilökohtaisia tuloksia tarkastellessa näyttäisi siltä, että heikoimmassa kunnossa olevi-

en henkilöiden kestävyysuorituskyky kehittyi eniten. Sen sijaan paremmassa kunnossa olevien henkilöiden kestävyysominaisuudet eivät parantuneet suhteessa yhtä paljon. Tämä voi johtua siitä, ettei harjoitusärsykeitä tullut tarpeeksi tai kestävyys- ja voimaharjoittelu estivät toistensa positiivisia kehittäviä vaikutuksia, eikä kehittymistä tapahtunut. Kaksi voimaharjoitusta, kaksi kestävyysharjoitusta ja yksi yhdistetty harjoitus näyttäisivät sopivan lähtötasoltaan henkilöille, joiden 12-minuutin juoksutestin tulos on arviolta 2600–2900 metrin välissä. Lähtötasoltaan yli 3000 metrin juoksijoilla harjoitusvaikutus ei ollut enää yhtä voimakas ja mahdollisesti kovemmalla vauhdilla suoritettu kestävyysjuoksuharjoittelu saattoi lisätä jalkojen kuormitusta entisestään.

Koehenkilöiden voimaharjoittelutaustan takia on todennäköistä, että tässä tutkimuksessa suorituskyvyn parannus perustui enemmän hapenottokyvyn paranemiseen kuin suorituksen taloudellisuuden kehittymiseen. Laktaattitasojen putoaminen HIT-ryhmällä perustui mahdollisesti enemmän parantuneeseen maksimaaliseen hapenottokykyyn kuin laktaatin puskurointikykyyn. Useiden tutkimusten mukaan lyhyellä aikavälillä on vaikea kehittää laktaatin puskurointikykyä (Helgerud ym. 2007), mutta tästä poikkeavia tuloksia on olemassa (Marcinik ym. 1991). Jos tarkastellaan maksimilaktaattipitoisuuksien kehitystä alku- ja lopputestien välillä, voidaan havaita yksilökohtaisia vaihteluita. Siitä voidaan päätellä, että kyky tuottaa laktaattia on saattanut parantua joillakin henkilöillä. Laktaatin tuottokyky on mahdollisesti kehittynyt niillä HIT-ryhmän koehenkilöillä, joilla on korkea anaerobinen kapasiteetti. Erot anaerobisessa kapasiteetissa koehenkilöiden välillä ovat peräisin mahdollisesti lihassolujakauman ja aikaisemman harjoittelun tuottamista eroista energiantuottotavoissa.

Taakankantotestin submaksimaalisten vauhtien alhaisemmat sykkeet perustuivat mahdollisesti kasvaneeseen sydämen iskutilavuuteen. Helgerudin ym. (2007) tutkimuksessa tuli ilmi, että parantunut hapenottokyky perustui nimenomaan sydämen iskutilavuuden kasvuun. HIT-ryhmän kestävyysharjoittelu oli osittain samankaltaista kuin tuossa aikaisemmassa tutkimuksessa, vaikkakin kestävyysharjoittelun osuus oli vähäisempi. Tässä tutkimuksessa ei mitattu suoralla testillä maksimaalista hapenottokykyä eikä sydämen iskutilavuutta, joten niiden vaikutusta tulospaannukseen ei voi luotettavasti todistaa. On kuitenkin todennäköistä, että isoin osa tulospaannuksesta perustuu parantuneeseen hapenottokykyyn ainakin HIT-ryhmän osalta. Sydämen syketaajuuden väheneminen submaksimaalisella tasolla kertoo kasvaneesta sydämen iskutilavuudesta ja alhaisemmat laktaattipitoisuudet voisivat kertoa parantuneista lihasten hapenkäyttöominaisuuksista, jolloin mitokondrioiden määrä ja kapillaarien tiheys ovat

lisääntyneet II-tyypin nopeissa lihassoluissa. Näihin lihassolutasolla tapahtuviin muutoksiin kyetään vaikuttamaan jo muutaman viikon harjoittelulla (Esteve-Lanao ym. 2005).

Merkittävää yllirasittumista ei ollut havaittavissa hormonitestien ja parantuneen suorituskyvyn perusteella kummassakaan harjoitteluryhmässä. HIT-ryhmässä seitsemällä henkilöllä kahdeksasta esiintyi kuitenkin jalkojen rasitusvammoja, kuten säären sisäosan kiputiloja, pohjelihas-ten kipeytymistä ja jalkojen yleistä väsymisen tunnetta kovavauhtisen juoksun tai voimaharjoittelun seurauksena. Kahdella koehenkilöllä osa juoksuharjoituksista jäi tekemättä näiden vaivojen vuoksi. Yleisin vaiva oli pohkeiden kipeytyminen, jota esiintyi erityisesti harjoittelun alkuvaiheessa. Myös muutamia painoharjoittelusta johtuvia selän kiputiloja ilmeni kummassakin harjoitteluryhmässä.

Kuten aikaisemmin tuli esille, kestävyysharjoittelua ohjelmassaan pitäneet henkilöt eivät kyenneet kestävyysharjoittelulla parantamaan 12-minuutin juoksutestin tulosta samassa suhteessa kuin kestävyysominaisuuksia vähemmän kehittäneet henkilöt. Kestävyysominaisuuksia harjoittelemattomilla henkilöillä näkyy sydämen syketaajuuden alenemista taakankantotestin tuloksissa. Sen sijaan kestävyystaustan omaavilla henkilöillä näyttäisi kehittyminen tapahtuneen lähinnä laktaattipitoisuuksien alenemisena samalla hapenkulutuksen tasolla. Mahdollisesti hyväkuntoisilla henkilöillä maksimaalisen hapenottokyvyn merkitsevä kehittyminen vaatii harjoituskertoja enemmän kuin tämän tutkimuksen ohjelma mahdollisti. Helgerudin ym. (2007) tutkimuksessa harjoituskertoja oli viikossa kolme ja kaikki harjoitukset olivat maksimaalista hapenottokykyä kehittäviä. Tästä voidaan päätellä, että maksimaalisen hapenottokyvyn kehittyminen näyttäisi vaativan hyväkuntoisilla henkilöillä jopa kolme korkeatehoista kestävyysharjoitusta viikossa.

Myös voimaharjoittelun kuormitus on otettava huomioon kestävyysuorituskykyä kehitettäessä, koska hyväkuntoiset joutuvat juoksemaan harjoituksensa kovemmilla vauhdeilla. Tällöin hermolihasjärjestelmän on oltava palautunut riittävän kovan vauhdin ylläpitämiseksi. Vaikka maksimaalisen hapenottokyvyn kehittäminen saattaa olla vaikeaa hyvin harjoitelleille henkilöille, näyttäisi kuitenkin siltä, että yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena laktaatin poisto-ominaisuudet kehittyvät lähes samalla tavalla myös aikaisemmin kestävyyttä harjoitelleiden keskuudessa. Muutamalla koehenkilöllä eivät tulospaarannukset olleet kovin suuria. Tämä johtunee aikaisemmasta harjoittelusta, jossa he ovat harjoitelleet sekä kestävyyttä että voimaa eivätkä kyenneet kehittymään ohjelman mukaisella harjoittelulla. Matalatehoi-

sella kestävyysharjoittelulla eivät edes vähän harjoitelleet henkilöt kyenneet kehittämään kestävyysominaisuuksiaan merkitsevästi.

Voidaan päätellä, että taloudellisuuden osuus tulospaarannuksissa on melko vähäinen, kun tarkastellaan koehenkilöiden aikaisempaa harjoittelua ja verrataan tuloksia eri ryhmien välillä. Monen koehenkilöiden harjoittelu oli aikaisemmin ollut voimapainotteista, joten suorituksen taloudellisuuden parantaminen pelkästään voimaharjoittelun vaikutuksesta oli jo lähtökohtaisesti haastavaa. Tilanne olisi voinut olla toinen, jos koehenkilöt olisivat olleet enemmän kestävyysharjoitteluun suuntautuneita. Koska koehenkilöt olivat samantasoisia voimaominaisuuksiltaan kummassakin harjoitteluryhmässä, voidaan päätellä, että voimaharjoittelulla ei kyetty vaikuttamaan merkitsevästi 12-minuutin juoksutestin eikä taakankantotestin tuloksiin. On kuitenkin mahdollista, että HIT-ryhmän korkeatehoiset kestävyysharjoitukset kehittivät mahdollisesti myös itsessään taloudellisuutta, jota Helgerud ym. (2007) mukaan voidaan kehittää kovavauhtisella juoksulla. Harjoitusohjelmassa oli vain kolme viikkoa maksimivoiman tai räjähtävän voiman harjoittelua, joten taloudellisuuden kehittyminen voimaharjoittelulla olisi vaatinut ehkä pidemmän harjoittelujakson tai voimaharjoittelun olisi kokonaisuudessaan pitänyt olla maksimivoiman ja räjähtävän voiman harjoittelua.

Kehon koostumuksen muutokset olivat vähäisiä johtuen lyhyestä harjoittelujaksosta ja harjoitustavoista. Selkeästi lihasten hypertrofiaa lisääviä harjoituksia oli ohjelmassa vain kuusi kolmen viikon aikana. Kehon koostumukseen vaikuttaa harjoittelun ohella myös ravinto, jota tässä tutkimuksessa ei kontrolloitu. Kehon rasvamäärän aleneminen joillakin koehenkilöillä voi selittyä sillä, että he muuttivat syömistään tai heidän energiankulutuksensa kasvoi lisääntyneen harjoittelun vuoksi.

## 10.2 Muutokset hormonipitoisuuksissa

Hormonipitoisuuksista testosteronissa ja kortisolissa esiintyi vaihtelevia muutoksia yksilöiden välillä ja oli havaittavissa, että IGF-1 pitoisuudet kohosivat HIT- ja LIT-ryhmillä koko harjoittelujakson ajan. Pitoisuuksien kohoaminen oli voimakkainta harjoittelun ensimmäisellä kolmella viikolla ja tasaantui hieman harjoittelun jälkimmäisillä kolmella viikolla. KON-ryhmällä IGF-1 pitoisuudet nousivat vain ensimmäisen kolmen viikon aikana ja putosivat loppumittauksissa lähelle lähtötasoa. Voidaan todeta, että HIT- ja LIT-ryhmällä harjoittelussa

oli hormonipitoisuuksien perusteella anabolinen tila koko harjoittelujakson ajan. Tätä johtopäätöstä puoltaa myös se, että kortisolipitoisuudet eivät olleet nousseet eivätkä testosteronipitoisuudet laskeneet. Tutkimusjoukon harjoitustausta oli ilmeisesti sen verran vahva ja monipuolinen, että harjoittelu ei aiheuttanut stressihormonitasojen muutoksia. Ei siis ollut havaittavissa yllirasitustilan oireita harjoittelujakson aikana. Hormonipitoisuuksien yksilöllisen käyttäytymisen vuoksi ei löytynyt yhteyttä suorituskymuuttujien ja hormoneiden välillä.

Nindlin (2009) mukaan kohenneet IGF-1 pitoisuudet ovat yhteydessä parantuneeseen terveyteen ja suorituskyykyyn. Jos IGF-1 pitoisuuksia tarkastellaan yksilöllisesti, voidaan havaita kestävyys- ja suorituskyykyssä ja IGF-1 pitoisuuksissa kasvua samansuuntaisesti. IGF-1 pitoisuuksien kasvulla ei kuitenkaan havaittu tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevää yhteyttä parantuneeseen suorituskyykyyn. Testosteroni- ja kortisolipitoisuudet käyttäytyivät keskimääräisesti samalla tavoin kuin esim. Taipaleen ym. (2013) yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun tutkimuksessa. Testosteronin osalta yleinen havainto harjoittelututkimuksissa oli se, että koehenkilöiden testosteronipitoisuuksissa esiintyi nousua harjoittelun alkuvaiheessa, mutta ne palautuivat normaalitasolle harjoittelun jatkuessa (Kraemer & Ratamess 2005).

### 10.3 12-minuutin juoksutestin ja kehon koostumuksen yhteydet taakankantokyykyyn

Lyons ym. (2005) havaitsivat, että kävelyvauhdilla ja nousevalla kulmalla suoritettussa taakankantotestissä suoritukseen vaikuttavat voimakkaasti rasvaton kehon massa ja absoluuttinen hapenottokyyky. Tässä tutkimuksessa juoksusuorituskyyky näyttäisi selittävän parhaiten tasaisella alustalla ja eri vauhdeilla suoritettavaa taakankantokyykyä. Tässä tutkimuksessa ei löydetty yhteyttä absoluuttisen hapenottokyyvyn ja maksimaalisen taakankantokyyvyn välillä. Kuitenkin taakankantonopeuden laktaattipitoisuuksilla 8km/h oli yhteys absoluuttisen hapenottokyyvyn kanssa. Tämä voi selittyä laktaattipitoisuuksien vakioitumisella aerobisen ja anaerobisen kynnnyksen välimaastoon ja tämän kynnysvauhdin laktaattipitoisuudet ovat ylempänä, mikäli absoluuttinen hapenottokyyky on alhaalla. Tuloksia arvioitaessa on kuitenkin otettava huomioon absoluuttisen hapenottokyyvyn mittauksen epätarkka menetelmä. Absoluuttinen hapenottokyyvyn arvo saatiin muunnoksena 12-minuutin juoksutestin tulosten ja koehenkilöiden painon perusteella.

On mahdollista, että kevyet hyväkuntoiset koehenkilöt, jotka eivät ole aikaisemmin tottuneet kantamaan raskaita taakkoja kehittyvät taakankantoharjoituksilla enemmän suhteessa juoksu-suoritukseen kuin painavimmat ja heikkokuntoiset henkilöt. Normaalisti kevyet henkilöt ovat etulyöntiasemassa, kun joudutaan kuljettamaan oman kehon painoa. Kuitenkin tutkimuksissa on tullut ilmi, että painavimmat ja lihaksikkaammat henkilöt hyötyvät, kun kannetaan raskaita taakkoja (Going & Mullins 2000, 350; Lyons ym. 2005). Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että myös kevyet henkilöt voivat kehittyä nopeiksi taakankantajiksi, mikäli heidän juoksusuorituskykynsä on hyvä.

Taakankantotestin ja 12-minuutin juoksutestin tulokset paranivat samassa suhteessa toisiinsa nähden. 12-minuutin juoksutestin matka ja 1 km:n taakankantotestin aika sekä ajan parannus alku- ja lopputestien välillä olivat yhteydessä toisiinsa. Tämän perusteella voidaan todeta, että maksimaalista taakankantokykyä voidaan arvioida luotettavasti 12-minuutin juoksutestillä. Jos henkilön harjoittelu on perustunut pelkästään kestävyysharjoitteluun, on mahdollista, että taakankantotestin tulos ei paranekaan samassa suhteessa juoksutestin tuloksen kanssa. Raskaan taakan kantaminen edellyttää voimaa enemmän kuin 12-minuutin juoksu ilman taakkaa. (Koerhuis ym. 2009; Santtila ym. 2010). Jos voimaharjoittelua on tehty kestävyysharjoittelun ohella, voidaan olettaa, että parantunut suorituskyky juoksussa kertoo myös parantuneesta taakankantokyvystä. Voiman vaikutusta tulospaannuksiin ei tässä tutkimuksessa voida arvioida luotettavasti, mutta on mahdollista, että voimaharjoittelu yhdistettynä kestävyysharjoitteluun edesauttaa sekä 12-minuutin juoksusuorituskyvyn että taakankantokyvyn kehittymistä. Koska KON-ryhmän koehenkilöt paransivat 12-minuutin juoksutestin ohella myös taakankantotestin maksisuoritusaikeansa, näyttäisi siltä, että yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu ei suoranaisesti parantanut taakankantokykyä tässä tutkimuksessa. Hengitys- ja verenkiertoelimistön sekä juoksusuorituskyvyn parantuminen näyttäisi vaikuttavan myös taakankantokykyyn positiivisesti, vaikka voimaharjoittelua ei olisikaan mukana ohjelmassa.

Tässä tutkimuksessa taakankantotestin tuloksiin ei löytynyt yhteyttä kehon painosta eikä rasvattomasta massasta. Aikaisemmissa tutkimuksissa on näyttöä siitä, että rasvaton kehon massa korreloi taakankantokyvyn aineenvaihdunnallisten vaatimusten kanssa. (Going & Mullins 2000, 350; Lyons ym. 2005). Lyonsin ym. (2005) mukaan kehon rasvattomalla massalla on yhteys taakankannon aineenvaihdunnallisiin vaatimuksiin. Vahvan yhteyden saamiseksi testattavien henkilöiden on nähtävästi oltava samanlaisessa kestävyysuorituskunnossa. Kehon koostumus on vain yksi osatekijä taakankantokyvyssä, eikä lihasmassalla ja painolla voida

korvata kestävyysominaisuuksien puutteita. Alhainen paino toki saattaa heikentää raskaiden painojen kantokykyä huonokuntoisilla henkilöillä, mutta mikäli kestävyys- ja voimaominaisuudet ovat hyvät, taakankantokyky ei heikkene, vaikka kehon paino olisikin alhainen. Tarkkoja rajoja on vaikea määritellä, mutta näyttäisi siltä, että taakankantaminen onnistuu tehokkaasti, vaikka painoa olisi jopa 50 prosenttia oman kehon painoon nähden hyväkuntoisilla henkilöillä. Tässä tutkimuksessa ei havaittu taakankantokyvyn heikentymistä, vaikka kehon paino olikin alhainen. Kaikki koehenkilöt olivat suurimmalta osin tottuneita taakankantajia. Osalla varmasti kantamista on tullut vähemmän, mutta jos heitä verrataan siviilistä tuleviin henkilöihin, etu taakankantamiseen on varmasti kiistaton. Jos tässä tutkimuksessa olisi ollut taakankantoharjoitus ohjelmassa, se tuskin olisi vaikuttanut tämän tutkimuksen koehenkilöiden taakankantokykyyn. Taakankantoharjoitusten vaikutus olisi voinut olla voimakkaampi, jos koehenkilöinä olisivat olleet taakankantamiseen tottumattomat siviilit. Aikaisemmin taakankantamista ja voimaominaisuuksia harjoitelleiden sotilaiden kohdalla näyttäisi siltä, että paras tulos taakankantokyvyssä saavutetaan juoksusuorituskykyä parantamalla, jonka vaikutuksesta myös taakankantokyky paranee.

Oli mielenkiintoista havaita, että 12-minuutin juoksutestin parannus oli yhteydessä taakankantokyvyn submaksimaalisen suorituksen alentuneisiin sykkeisiin ja laktaattipitoisuuksiin. Tämä voisi kertoa myös pitkäkestoisen sotilaallisen kestävyys suorituskyvyn kehittymisestä, jota voidaan testata luotettavasti 12-minuutin juoksutestillä. Yksilökohtaisia poikkeuksia varmasti esiintyy ja kaikilla painoon suhteutettu hapenotto kyky tai 12-minuutin juoksutestin tulos ei mittaa parhaiten taakankantokykyä kuten Lyonsin ym. (2005) tutkimuksessa tuli esille. On kuitenkin todennäköistä, että 12-minuutin juoksutesti kertoo henkilön potentiaalisesta taakankantokyvystä, jota voidaan kehittää nopeasti esimerkiksi taakankantoharjoituksilla.

#### 10.4 Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun soveltaminen sotilaille

Sotilaiden fyysistä toimintakykyä kehittävä harjoitusohjelma on suunniteltava tehtävän mukaan. Voimaa, nopeutta ja anaerobista suorituskykyä on painotettava sotilaille, joiden tehtävät ovat lyhytkestoisia ja joissa vaaditaan hetkellistä kovaa suorituskykyisyyttä. Pitkään kestävä fyysinen tehtävä sen sijaan vaatii kestävyys suorituskyvyn kehittämistä. Ilman hyvää hapenotto kykyä on vaikea selvitä taistelukentällä tulevista yllättävistä tehtävistä, joissa joudutaan suorituskyvyn äärirajoille pitkäkestoissa tilanteissa. Tämän vuoksi sotilaan toimintakyvyn



kannalta ei ole merkityksetöntä, millä painotuksilla eri fyysisiä ominaisuuksia kehitetään. Esimerkiksi rakennetun alueen taisteluissa tarvitaan varmasti esimerkiksi räjähtävää voimaa ja anaerobista suorituskkyä lyhyissä ja nopeatempoisissa tehtävissä, mutta pitkiä siirtymisiä jalan tekevän joukon tärkein kehitettävä ominaisuus on varmasti kestävyys. Täten voiman ja kestävyuden osuutta harjoittelussa on mietittävä tehtävän kannalta. Tällöin voidaan painottaa niitä ominaisuuksia, jotka ovat joukon tehtävän kannalta olennaisia.

Taakankantamiseen totuneilla sotilailla taakankantokkyä voidaan kehittää lisäämällä kestävyttä ja hapenottokkyä. Lihasmassan hankinta ei välttämättä paranna pitkäkestoista taakankantokkyä ellei mukana ole kestävyysharjoittelua, jolla voidaan lisätä lihasten hapenkäyttöominaisuuksia. Pitkäkestoisen suorituskvyn kannalta voisi olla parempi, että voimaharjoittelulla pyritään lisäämään suhteellista voimaa ilman voimakasta lihasmassan kasvua. Tätä puoltaa myös se, että mäkisessä tai muutoin raskaskulkuisessa maastossa kehon paino lisää rasitusta ja asettaa hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminnalle kovemmat vaatimukset. (Koe-rhuis ym. 2009) Tässä tutkimuksessa parhaimman taakankantokvyn saavuttivat matalan painoindeksin omaavat henkilöt. Tämä on osittain ristiriidassa aikaisempien tutkimusten havaintojen perusteella (Going & Mullins 2000, 350). Tähän saattaa vaikuttaa koehenkilöiden yksilölliset ominaisuudet ja erilainen harjoittelutausta.

Pyöräilyharjoitukset voisivat olla hyvä harjoittelumuoto sotilaille, koska pyöräilyharjoituksilla on tutkimusten mukaan voitu kasvattaa lihasmassaa ja voimaa. (Sale ym. 1990b). Juoksuharjoituksilla sen sijaan voimaa ei ole kyetty kehittämään. Toinen vaihtoehto pyöräilyharjoitukselle voisi olla taakankantoharjoitus, jossa edettäisiin sekä matalalla että korkealla teholla. Tällöin voitaisiin harjoituttaa sotilaallista kestävyttä ja voimaa samanaikaisesti. Jalkojen rasittuminen juoksuharjoittelun seurauksena on otettava jatkossa huomioon, kun suunnitellaan yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun ohjelmia juoksuharjoitteluun aikaisemmin totuttomille henkilöille. Jalkojen rasitusvammojen välttämiseksi toinen juoksuharjoitus kannattaisi ehkä korvata esimerkiksi pyöräilyharjoituksella, jolloin jalkojen iskutuksesta johtuvaa kuormitusta voidaan vähentää. Pyöräilyharjoittelulla on lisäksi kyetty kehittämään samanaikaisesti sekä voimaa että kestävyttä (Fleck & Kraemer 2004, 91), joten se voisi olla hyvä harjoittelumuoto sotilaille, joilla aikaa harjoitteluun on käytössä rajallisesti.

Sotilailla suunnitellun lyhyen aikavälin (n. 6 viikkoa) yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoitteluo-hjelman voimaosuuden olisi mielestäni perustuttava maksimi- ja räjähtävän voiman har-

joitteluun. Lyhyellä aikavälillä on vaikea saada hypertrofisia vaikutuksia etenkin, jos kestävyysharjoittelua on paljon mukana. (Hickson ym. 1980). Lyhyellä aikavälillä olisi siis keskiyttävä hermostollisen voiman kehittämiseen, jolloin saadaan voimaharjoittelusta paras hyöty irti erityisesti kestävyysominaisuuksiin. Perusvoimaharjoituksilla ei ole saatu juoksusuorituskyvyssä samanlaisia muutoksia kuin esimerkiksi maksimivoiman ja räjähtävän voiman harjoituksilla, mutta pyöräilijöillä myös perusvoimaharjoitukset nähtävästi parantavat kestävyys-suorituskykyä (Aagaard & Andersen 2010). On mahdollista, että perusvoimaharjoittelu parantaisi sotilailla taakankantokykyä. Raskasta taakkaa kantaessa lihasnopeudet ovat hitaammat kuin oman kehon painolla toteutettavassa juoksusuorituksessa. Pyöräily voisi olla juoksua hitaamman lihastyön verrattavissa taakankantoon. Pitkän aikavälin perusvoimaharjoittelussa on kuitenkin huomioitava voiman kehittymisen estyminen, jos kestävyysharjoittelun osuus on suuri (Hickson 1980).

Sotilaiden harjoittelussa on otettava huomioon, että heillä on yleensä ohessa muutakin kuormitusta kuin ohjelmoitu kuntoharjoittelu. Tämän tutkimuksen yhtenä tarkoituksena oli antaa perusteita fyysisen kunnon harjoittamiseen mahdollisen kriisitilanteen varalta. Lähes optimaalisissa harjoitteluolosuhteissa psyykkinen ja muu fyysinen kuormitus ovat varmasti vähäisempiä kuin sotaan valmistautuvilla reserviläisillä. Tämä olosuhteiden eroavaisuus on otettava huomioon, kun sotilaille suunnitellaan kuormittavia harjoituksia. Kuluttava ja korkeatehoinen harjoittelu voi stressaavassa ympäristössä lisätä stressireaktioita entisestään. Mahdollinen muu sodan ajan tehtävään valmistava koulutus saattaa myös heikentää varsinaisen kuntoharjoittelun tuottavuutta ja heikon kuntotason omaavat henkilöt ovat vaarassa ajautua ylirasitustilaan.

Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun kehittäminen samanaikaisesti on haastavaa, mutta kun otetaan huomioon aikaisempi harjoittelutausta, voidaan kehittää niitä ominaisuuksia, joita halutaan kehittää. Urheilijoilla tehdyissä tutkimuksissa samanaikaisesti ei ole kyetty kehittämään maksimaalista hapenottokykyä ja voimaominaisuuksia, mutta harjoittelemattomilla henkilöillä molempia voidaan kehittää samanaikaisesti (Holviala ym. 2010). Kestävyys-suorituskykyä on toki kyetty parantamaan myös urheilijoilla lisättyjen voimaharjoituksen ansioista (Aagaard & Andersen 2010). Harmanin ym. 2008 tehdyssä tutkimuksessa sekä maksimaalista hapenottokykyä ja voimaominaisuuksia kyettiin kehittämään samanaikaisesti. Kyseissä tutkimuksessa harjoituskuorma oli kohtuullisen suuri sekä kestävyys että voimaharjoittelun osalta. Muun elämän rasitukset vaikuttavat usein myös voiman tai kestävyyskehittämiseen hei-

kentävästi (Fleck & Kraemer 2004, 134). Leverittin ym. (1999) mukaan kestävyys- ja voimaharjoittelun aiheuttama lihasväsytys ja lihasten energian puute on yksi ongelma voimaharjoittelussa, jolloin voimaharjoittelussa ei saa tuotettua maksimaalista lihasjännitystä. Myös lihassolujen vauriot ja glykogeenin vähyys saattavat heikentää voiman kehittymistä.

Tärkeää olisi siis löytää optimaalinen harjoitusmäärä, jolloin on mahdollista kehittää molempia ominaisuuksia samanaikaisesti. Riittävän palautumisen turvaaminen on ohjelmaa suunniteltaessa otettava huomioon, mutta harjoitus- ja lepoaikoja on kuitenkin tultava riittävästi. Tämän tutkimuksen ja Harmanin ym. (2008) tutkimuksen valossa näyttäisi siltä, että viisi harjoitus-päivää viikossa sopii usealle hyvässä kunnossa olevalle henkilölle. Yksilöllisellä tasolla on kuitenkin mietittävä harjoittelun painopistettä. Kaikkien henkilöiden kohdalla maksimaalisen hapenottokyvyn kehittäminen voi olla vaikeaa yhdistetyllä kestävyys- ja voimaharjoittelulla, jos sekä kestävyys- että voimaominaisuuksia yritetään kehittää koko ajan tasapuolisesti. Tärkeintä on miettiä, millä painotuksilla harjoitellaan voimaa ja kestävyyttä. Karkeana esimerkkinä voidaan arvioida painotusta siten, että voimataustan omaavan henkilön harjoittelu voisi olla 75 prosenttisesti kestävyyttä kehittävää ja 25 prosenttisesti voimaa kehittävää, kun taas kestävyystaustan omaavan henkilön suhde voisi olla päinvastainen. Tällöin voidaan kehittää sitä ominaisuutta, joka mahdollisesti rajoittaa sotilaallisten tehtävien toteuttamista kunkin henkilön kohdalla.

Issurin (2008) katsausartikkelissa tuli esille, että ”blokki” -menetelmä on toimiva vaihtoehto harjoittelun jaksottamisessa ja sitä on käytetty menestyksekkäästi urheilijoiden keskuudessa. Sen tarkoituksena on painottaa tietyn jakson ajan kehitettävää ominaisuutta, jolloin voidaan saada tehokkaampi ja pidempikestoisempi harjoitusvaikutus. Jaksottamalla sotilaiden harjoittelua ”blokki” -menetelmällä esimerkiksi siten, että kolmen viikon voimajakson jälkeen tulee kolmen viikon kestävyyttä painottava jakso, voisi olla käyttökelpoinen vaihtoehto. Tämä kyseinen jaksotusmenetelmä voisi olla tehokas erityisesti lähtötasoltaan hyvässä kunnossa oleville sotilaille. Tällöin voidaan paremmin ehkäistä yhdistetyn voima- ja kestävyys- ja voimaharjoittelun aiheuttamia kehittymistä estäviä mekanisme. Toisaalta myös ominaisuuksien ylläpitäminen on tärkeää, joten ei ole järkevää jättää jotain ominaisuutta kokonaan harjoitteluohjelmasta pois pitkäksi aikaa. Lisäksi voimaharjoittelun pitäminen ohjelmassa voi ehkäistä vammoja ja edistää kestävyysominaisuuksien kehittymistä muutenkin (Fleck & Kraemer 2004, 134). ”Blokki” -menetelmä voisi tulla kyseeseen silloin kun harjoitteluun on käytössä aikaa useita kuukausia. Lyhyellä aikavälillä ei välttämättä kaikkia sotilalta vaadittavia ominaisuuksia

ehditä harjoituttamaan tarpeeksi varsinkin, jos keskitytään vaan yhteen kehitettävään osaluokkaan.

## 10.5 Tutkimuksen luotettavuus

Harjoitusohjelman noudattaminen asetti haasteita monelle koehenkilölle. Ainostaan muutama koehenkilö kykeni noudattamaan annettua harjoitusohjelmaa täydellisesti. Harjoitusten jatkuvaa valvontaa ei kyetty järjestämään, joten harjoitusten todentaminen perustui suurelta osin koehenkilöiden harjoituspäiväkirjan seurantaan. Kolmella koehenkilöllä harjoitteluun tuli sen verran esteitä tai muutoksia, että heidän harjoittelun jälkeisten testien tulokset jouduttiin mitätöimään. Suuri tutkimuksen keskeytysprosentti ja vähäinen koehenkilöiden määrä vähentävät saatujen tulosten tilastollista merkittävyyttä. Yksilölliset ominaisuudet ja aikaisempi harjoittelusta vaikuttavat harjoitustuloksiin myös merkittävästi.

KON-ryhmän koehenkilöille oli vaikea pitää tutkimusjakson aikainen kuormitustaso täysin samanlaisena kuin aikaisemmin. KON-ryhmässä olleet henkilöt olivat fyysisesti aktiivisia ja osalla heistä oli urheilulaji, jota varten he harjoittelivat. KON-ryhmän tuloksissa näkyi parannusta erityisesti maksimisuorituksissa. Kuitenkaan taakankantokyvyssä submaksimaalisella tasolla kehittymistä ei tapahtunut. Yksilölliset syyt KON-ryhmän testitulosten paranemisiin on otettava huomioon. Yhdellä KON-ryhmän henkilöllä kehon paino ja rasvaprosentti putosivat merkittävästi. Tämä saattaa selittää hänen kohdallaan parantunutta suorituskkyä. Yhdellä KON-ryhmän henkilöllä juoksuharjoittelu lisääntyi hieman tutkimusjakson aikana ja yhdellä KON-ryhmän jäsenellä oli ennen alkutestejä vammoja, jotka estivät normaalia harjoittelua. Lisäksi yhdellä koehenkilöllä ohjelmaan tuli jalkapallo-otteluiden tuomarointia, jossa tulee lyhyitä intensiivisiä juoksupyrähdyksiä.

Ei voi myöskään sulkea pois motivaation ja vauhdinjoon vaikutusta testituloksiin. Väärän vauhdinjoon tai motivaation puutteen on havaittu vaikuttavan testituloksiin negatiivisesti. (McArdle 2007, 249.) Selkeä tavoite lisää sisäistä sitoutumista ja motivaatiota. (Björkman 1982, 206). Tällöin alkutestin tulos toimii tavoitteena, johon jälkimmäisessä testissä pyritään. Myös vauhdinjako on saattanut parantua ensimmäisen testin kokemuksen perusteella, jolloin osataan paremmin jakaa voimat matkan varrelle. Tulospaannukset ovat siis osittain selitettävissä muunkin kuin fyysisten ominaisuuksien kehittymisenä. Muuttumattomat laktaattipitoi-

suudet ja sykkeet taakankantotestin submaksimaalisilla vauhdeilla puoltavat motivaation lisäävää suorituskyykyvaikutusta erityisesti LIT- ja KON-ryhmän suorituksissa. Tulospaannus kestävyysuorituskyykyssä voi siis johtua osittain jälkimmäisen testin tavoitteellisuudesta ja sen tuomasta suoritushotivaatiota lisäävästä vaikutuksesta. Taakankantotestissä on varattava pieni mahdollisuus myös oppimiselle ensimmäisen testin kokemuksen perusteella. Tällöin juoksutekniikan kehittymisen myötä taakkaa kyetään kantamaan taloudellisemmin. Laktaatin ja sykkeen kohoamista maksimaalisen suorituksen jälkeen ei kuitenkaan ollut havaittavissa verrattuna ensimmäiseen testiin. Tästä päätellen myös suorituskyykyssä on saattanut tapahtua muutoksia tai parantunutta suoritusta selittää enemmänkin oppiminen kuin motivaatio.

Isot tulospaannukset taakankantotestin maksimaalisessa suorituksessa ovat joiltakin osin selitettävissä testiprotokollan vaikutuksella. Testissä viimeinen submaksimaalinen vauhti (10km/h) tuotti jo monelle koehenkilölle vaikeuksia. Viimeisessä maksimaalisessa suorituksessa osalla koehenkilöistä vauhti putosi niin paljon, että he joutuivat kävelemään maksimisuorituksen aikana. Vähäinenkin paannus suorituskyykyssä 10km / h olevalla vauhdilla saattoi olla ratkaiseva, jolloin viimeiseen maksimisuoritukseen jäi enemmän voimia ja suoritus saatiin vietyä läpi juosten. Monen henkilön kohdalla isot paannukset perustuivatkin siihen, että he kykenivät vastustamaan väsymistä paremmin lopputestin viimeisessä maksimisuorituksessa kuin alkutestin suorituksessa.

Fyysisesti kuormittavien opintojen vaikutuksia tuloksiin on vaikea arvioida, mutta voidaan päätellä, että sillä on joko positiivinen tai negatiivinen vaikutus tuloksiin riippuen kuormitustavasta ja ajankohdasta. Muutamalla HIT- ja LIT-ryhmän koehenkilöllä oli ennen lopputestejä sotilaallinen harjoitus, jossa heille tuli harjoitusohjelmaan kuulumatonta fyysistä kuormittumista. Harjoituksessa koehenkilöt joutuivat kantamaan taisteluvärustusta koko päivän, mutta fyysinen kuormitus oli matalatehoista, joten merkittävää rasittumista ei harjoituksesta aiheutunut. On epätodennäköistä, että taakankantaminen ennen testejä olisi vaikuttanut taakankantotestiin tai 12-minuutin juoksutestiin positiivisesti, koska harjoitus päättyi vain kaksi päivää ennen 12-minuutin juoksutestiä. Ylimääräisellä rasituksella saattoi pikemminkin olla kestävyystestien tuloksiin heikentävä vaikutus. Opiskelusta aiheutuva fyysinen ja psyykinen kuormitus ennen testejä ja harjoittelujakson aikana ovat tekijöitä, jotka on otettava huomioon tuloksia tarkastellessa.

Kaikki hormonipitoisuudet mitattiin lepotilanteessa viikonlopun jälkeen. Mahdolliset viikonlopun aikana tapahtuneet valvomiset tai muun elämän rasitukset ovat saattaneet vaikuttaa joitakin osin tuloksiin. Muut fysiologisten vasteiden mittaukset perustuivat apuvälineisiin kuten sykemittariin ja laktaattimittariin. Erityisesti laktaattipitoisuuksissa esiintyi joitakin selvästi virheellisiä arvoja. Mittaus uusittiin, mikäli tulos poikkesi selvästi oletetusta ja tutkimuksen varsinaisista tuloksista poistettiin epäilyttävät syke- ja laktaattitiedot. Kehon koostumuksen mittaus on täysin luotettava ainoastaan painon osalta. Mittaus perustui sähkön johtuvuuteen kehon sisällä, joten virheiden mahdollisuus on olemassa. Kehon koostumuksen mittausta voidaan kuitenkin pitää vähintäänkin suuntaa antavana.

## 10.6 Jatkotutkimusehdotukset

Sotilashenkilöstön valintojen tueksi olisi tärkeää selvittää, mikä testimuoto sopii parhaiten pitkä- ja lyhytkestoisen taakankantokyvyn testaamiseen ja mitkä fyysiset ominaisuudet vaikuttavat taakankantokykyyn ja sen harjoitettavuuteen. Lisää tutkimusta tarvittaisiin erityisesti pitkäkestoisen taakankantokyvyn eroista kehon koostumukseltaan ja kestävyyskunnoltaan erilaisilta yksilöiltä. Tutkimus tulisi siis kohdistaa taakankantokykyyn vaikuttaviin fyysisiin ominaisuuksiin ja kestävyystestituloksiin. Tutkimuksilla selvitettäviä kysymyksiä ovat esimerkiksi: onko 12-minuutin juoksutestin tulos yhteydessä pitkäkestoiseen taakankantokykyyn, ja mikä on maksimivoiman ja lihaskestävyyden osuus sekä lyhyessä että pitkäkestoisessa taakankantokyvyssä.

Tämän tutkimuksen perusteella voimaharjoittelun ja korkeatehoisen kestävyysharjoittelun rinnalle olisi syytä ottaa matalatehoisia ja palauttavia harjoituksia, jotta voidaan ehkäistä mahdollisia rasitusvammoja. Harjoitusohjelmien jatkokehittelyn kannalta olisi siis hyvä testata ohjelmaa, jossa korkeatehoinen kestävyys- ja voimaharjoittelu yhdistetään ja lisäksi tehdään taakankantoharjoitus vaihtelevilla vauhdeilla vaihtelevissa olosuhteissa sekä lisätään palauttavia harjoituksia ohjelmaan. Tämän harjoitusohjelman vaikuttavuutta tulisi mitata eri-painoisilla taakoilla ja eri vauhdeilla.

Harjoittelua voisi tutkia myös erilaisilla kestävyysharjoittelutavoilla. Polkupyörällä tehtävät kestävyysharjoitukset mahdollisesti estäisivät suurimman osan vammojen syntymisestä, mutta juoksutestien ja taakankantotestin tuloksissa kehitystä ei välttämättä tapahdu yhtä paljon kuin

juosten tehtävissä harjoituksissa. Ohjelmaa voisi testata sotilailla ja siviileillä samassa tutkimuksessa, jotta nähdään, mikä on aikaisemman taustan merkitys taakankantokyvyn kehitymisessä.

Lisää tutkimusta tarvittaisiin myös pidempiaikaisen korkea- tai matalatehoisen harjoittelun vaikutuksista yhdistettynä voimaharjoitteluun. Olisi mielenkiintoista tietää miten pitkälle korkeatehoista kestävyysharjoittelua voidaan toteuttaa kehittävästi ja milloin peruskestävyysharjoittelua tulisi ottaa kuvioihin mukaan. Myös yksilöllisen ohjelman rakentaminen esimerkiksi lihassolujakauman perusteella olisi mielenkiintoinen tutkimuskohde. Täten voitaisiin selvittää kannattaako tietyn lihassolujakauman omaavan henkilön harjoitella korkealla vai matalalla teholla.

## 10.7 Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa kestävyysuorituskykyä kyettiin kehittämään lyhyellä aikavälillä (n. 6 viikkoa) tehokkaasti yhdistetyllä korkeatehoisella kestävyysharjoittelulla ja voimaharjoittelulla. Kestävyysuorituskyvyn paraneminen perustui todennäköisimmin maksimaalisen hapenotokyvyn kehittymiseen korkeatehoisen kestävyysharjoittelun vaikutuksesta. Kestävyysuorituskyvyn muutoksissa esiintyi vaihtelua koehenkilöiden välillä. Tähän näyttäisi vaikuttavan aikaisempi harjoittelutausta, jolloin kestävyysharjoittelua vain vähän ohjelmassaan pitäneet henkilöt kehittyivät eniten kestävyysuorituskyvyn osalta. Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu näyttäisi nostavan IGF-1 pitoisuuksia kuuden viikon aikana. Kestävyysharjoittelun teholla ei näyttäisi olevan vaikutusta IGF-1 pitoisuuksien kasvuun. Laktaattipitoisuuksien muutokset taakankantotestin submaksimaalisella vauhdilla (6km/h) olivat yhteydessä 12-minuutin juoksutestin muutosten kanssa. 12-minuutin juoksutestin tulos on yhteydessä lyhytaikaiseen maksimaaliseen ja submaksimaaliseen taakankantokykyyn. Näiden havaintojen perusteella 12-minuutin juoksutestillä voidaan mitata luotettavasti maksimaalista ja submaksimaalista taakankantokykyä. 12-minuutin juoksutesti näyttäisi soveltuvan taakankantokyvyn testaamiseen erityisesti niille henkilöille, joilla on kokemusta taakankantamisesta.

Korkeatehoinen kestävyysharjoittelu näyttäisi vaikuttavan eri tavoin kestävyyttä harjoitelleilla ja harjoittelemattomilla henkilöillä. Kestävyyttä harjoittelussaan painottaneet henkilöt pystyvät mahdollisesti kehittämään yhdistetyllä kestävyys- ja voimaharjoittelulla lihastensa hapen-

käyttöominaisuuksia, mutta sydämen iskutilavuutta on nähtävästi vaikea kehittää merkittävästi. Kuitenkin voimaharjoittelulla ja korkeatehoisella kestävyysharjoittelulla kestävyystaustan omaavat henkilöt kykenevät kehittämään erityisesti submaksimaalista ja maksimaalista taakankantokykyään.

Reservin fyysisen suorituskyvyn kannalta jatkuva fyysisen kunnon ylläpitäminen on avainasemassa. Nopeaan fyysisen toimintakyvyn nostoon liittyy riskejä. Urheiluvammat ja ylipärasitustilat ovat todennäköisiä, jos harjoituskuorma kasvaa liian suureksi. Kestävyyttä ja voimaa voidaan kehittää erikseen melko turvallisesti, koska palautuspäiviä voidaan pitää riittävästi. Molempien samanaikainen kehittäminen lisää lihasten kuormitusta etenkin, jos kestävyysharjoittelu tehdään juoksemalla.

Tarkan harjoitteluohjelman noudattaminen saattaa osoittautua haasteelliseksi myös reserviläisten keskuudessa. Jos harjoitusolosuhteet eivät mahdollista esimerkiksi päivittäistä kuntosalin käyttöä, joudutaan ohjelmaa soveltamaan. Reserviläisille suunnatussa harjoitteluohjelmassa on siis painotettava yksinkertaisuutta ja mahdollisuutta tehdä harjoitteet joustavasti omalla kotipaikkakunnalla. Tähän tarkoitukseen sopivat erilaiset tilapäisharjoitusvälineet ja oman kehon painolla tapahtuva voimaharjoittelu. Nämä erilaiset harjoitusmenetelmät ovat varmasti hyvä vaihtoehto kuntosaliharjoittelulle. Toisaalta nousujohteisen ja korkeatehoisen voimaohjelman rakentaminen on haastavaa, jos kuormaa ei pystytä säätämään tarkasti ja harjoitusolosuhteet eivät mahdollista maksimivoimaharjoittelua.

Kestävyys- ja voimaominaisuuksien samanaikaiselle nostamiselle kuusi viikkoa saattaa olla liian lyhyt aika, jos kyseessä ovat erittäin hyvin harjoitelleet henkilöt. Lähtötasoltaan heikkokuntoiset henkilöt voivat mahdollisesti kehittää molempia ominaisuuksiaan samanaikaisesti kuudessakin viikossa. Jos reservin fyysistä suorituskykyä on nostettava erittäin lyhyessä ajassa (alle kuusi viikkoa), olisi keskityttävä kunkin henkilön kohdalla tärkeimpään kehitettävään ominaisuuteen sodan ajan tehtävän kannalta. Ennen harjoittelujakson aloittamista on siis selvitettävä lähtötasotestillä, kyselylomakkeella tai haastattelulla reserviläisten fyysisten ominaisuuksien heikkoudet ja vahvuudet sekä aikaisempi harjoittelutausta. Lisäksi on arvioitava, miten ne vastaavat tulevan sodan ajan tehtävän fyysisiin vaatimuksiin. Kokonaisvaltaisen selvityksen jälkeen lyhyt harjoittelu-aika kannattaa käyttää sen ominaisuuden kehittämiseen, joka on kriittisin sodan ajan tehtävän toteuttamisen kannalta.



## LÄHTEET

Aagaard, P. & Andersen, J. 2010 Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2010: 20 (Suppl. 2): 39–47.

Ahtiainen, J. 2013. Kuntotestaaminen urheilijoilla: sovellutukset sotilaille. Luento Jyväskylän yliopistossa 11.6.2013.

Bayati, M., Farzad, B., Gharakhanlou, R. & Agha-Alinejad, H. 2011. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble ‘all-out’ sprint interval training. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 571-576.

Berg, K. 2003. Endurance training and performance in runners. *Sports Medicine*. 33 (1), 59-73.

Billat V., 2001. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for mid dle- and long-distance running. Part 2: Anaerobic interval training. *Sports Medicine*, 31, 2, 75-90.

Björkman, A. 1982. Psyykkinen valmennus, henkisten voimavarojen hyödyntäminen osa 1. Valmennuskirjat Oy, Vaasa 1982.

Booth, C., Probert, B., Forbes-Ewan, C. & Coad, R. 2006. Australian Army Recruits in Training Display Symptoms of Overtraining. *Military Medicine*; Nov 2006; 171, 11; ProQuest Central pg. 1059.

Cooper, K. 1968. A means of assessing maximal oxygen intake, correlation between field and treadmill testing. *Jama*, Jan 15, 1968, Vol 203, No 3.

Denadai, B. Ortiz, M., Greco, C. & Mello, M. 2006. Interval training at 95 % and 100 % of the velocity at VO2 max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 31: 1–7.

Elliott, M., Wagner, P. & Chiu, L. 2007. Power Athletes and Distance Training. Physiological and Biomechanical Rationale for Change. *Sports Med* 2007; 37 (1): 47-57.

Esteve-Lanao, J., San Juan, A., Earnest, C., Foster, C. & Lucia, A. 2005. How Do Endurance Runners Actually Train? Relationship with Competition Performance, *American College of Sports Medicine*.

Ferrauti, A., Bergmann, M. & Fernandez-Fernandez, J. 2010 Effects of A concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(10)/2770–2778.

Fleck, S. & Kraemer, W. 2004. *Designing Resistance Training Programs*, Third Edition, Human Kinetics.

Fogelholm, M. 2010. Liikunta ja terveyst. Teoksessa: *Terveystliikunta 2010*. Fogelholm, M., Vuori, I., Vasankari, T. (Toim.) 2010. *Terveystliikunta. 2. Uudistettu painos*. Duodecim, Helsinki.

Fogelholm, M. & Kaukua, J. 2010. Lihavuus 423-430, Teoksessa: *Terveystliikunta 2010*. Fogelholm, M., Vuori, I., Vasankari, T. (Toim.) 2010. *Terveystliikunta. 2. Uudistettu painos*. Duodecim, Helsinki.

Fiedl, K. 2012. Body Composition and military performance – many things to many people. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2012 26(7)/S87–S100.

Gastin P.B. 2001. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med* 2001; 31 (10):725-741.

Gibala, M., McGee, S. 2008. Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain? *American College of Sport Medicine*, Vol 36, 2, pp. 58-63.

Gibala M., McGee S., Garnham A., Howlett K., Snow R. & Hargreaves, M. 2009. Brief intense interval exercise activates AMPK and p38 MAPK signaling and increases the expression of PGC-1 $\alpha$  in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 106:929–934.

Gibala, M., Little, J., MacDonald, M. & Hawley, J. 2012. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology* 590.5 (2012) pp 1077–1084 1077.

Glowacki, S. Martin, S., Maurer, A., Baek, W., Green, J. & Crouse, S. 2004. Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2119-2127.

Going, S. & Mullins, V. 2000. *Body Composition of the Endurance Performer*. Teoksessa: *Endurance in Sport*, Second Edition, Blackwell Science.

Goodman, J. 2000. *The athlete's heart*. Teoksessa: *Endurance in Sport*, Second Edition, Blackwell Science.

Grandys, M., Majerczak, J., Duda, K., Zapart-Bukowska, J., Kulpa, J. & Zoladz, J. 2009, "Endurance training of moderate intensity increases testosterone 52 concentration in young, healthy men", *International Journal of Sports Medicine*, vol. 30, no. 7, pp. 489-495.

Harman, E., Gutekunst, D., Frykman, P., Nindl, B., Alemany, J., Mello, R. & Sharp, M. 2008. Effects of two different eight-week training programs on military physical performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2)/524–534.

Heinonen, I. 2013. Lyhyesti ja kovaa vai pitkään ja hartaasti? Artikkelit Juoksija-lehdessä 6/2013 S.29. Punamusta OY.

Heinonen, O. 2010. Liikunnan vaikutus kliinis-kemiallisiin suureisiin. Teoksessa: *Liikuntalääketiede*, Toim. Vuori, I. Taimela, S. Kujala, U. 3-4 painos, Duodecim, Hansaprint Oy, Vantaa.

Helgerud, J. 2012. Adaptation of the cardiorespiratory system to endurance training: Benefits of high intensity training. Julkaisematon materiaali Helgerudin luennosta Jyväskylässä pidetyssä kansainvälisessä liikuntatieteiden symposium-tilaisuudessa 21.11.2012.

Helgerud, J. Hoydal, K. Wang, E. Karlsen, T. Berg, P. Bjerkaas, M. Simonsen, T. Helgersen, C. Hjorth, N. Bach, R. Hoff, J. 2007. Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 39(4): 665-71.

Hendrickson, N., Sharp, M., Alemany, J., Walker, L., Harman, E., Spiering, B., Hatfield, D., Yamamoto, L. Maresh, C., Kraemer, W., & Nindl, B. 2010. Combined resistance and endurance training improves physical capacity and performance on tactical occupational tasks. *Eur J Appl Physiol Occ Physiol* 109:1197–1208, 2010.

Hickson, R. 1980 Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 45:255–263.

Hickson R, Dvorak B., Gorostiaga E., Kurowski T, Foster C 1988 Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J Appl Physiol* 65:2285–2290.

Hoff, J. Helgerud J., Wisløff U.. 1999. Maximal strength training improves work economy in trained female crosscountry skiers. *Med Sci Sports Exerc* 1999: 31: 870–877.

Hoff, J., Gran, A., Helgerud, J. 2002. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand J Med Sci Sports* 12, 288–295.

Holviala, J., Häkkinen, A., Karavirta, L., Nyman, K., Izquierdo, M., Gorostiaga, E., Avela, J., Korhonen, J., Knuutila, V-P., Kraemer, W. & Häkkinen, K. 2010. Effects of compined strength and endurance training on treadmill load carrying walking perfomance in aging men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(6)/1584–1595.

Hopkins, W.G. 1991. Quantification of training in competitive sports. *Methods and applications*. *Sports Medicine* 12 (3): 161 – 183.

Häkkinen, K. & Mero, A. 2004. Hormonaalinen järjestelmä ja kuormitus. Teoksessa: Urheilualmennus. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Issurin, V. 2008. Block periodization versus traditional training theory: a review. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness; Mar 2008; 48, 1; ProQuest Central pg. 65.

Jung, A., P. 2003. The impact of resistance training on distance running performance. Sports Medicine. 33(7), 539-552.

Joyner, M. & Coyle, E. 2008. Endurance exercise performance: the physiology of champions. Journal of Physiology. 586, 35-44.

Keskinen, K. 2010. Fyysinen kunto ja sen testaaminen. Teoksessa: Liikuntalääketiede, Toim. Vuori, I. Taimela, S. Kujala, U. 3-4 painos, Duodecim, Hansaprint Oy, Vantaa.

Keskinen, O., Mänttari, A. & Keskinen, K. 2004. Aerobisen kestävyysarviointi kenttätesteillä, teoksessa: Keskinen, K., Häkkinen, K., Kallinen, M. Kuntotestauksen käsikirja, Liikuntatieteellinen seura RY, Tammer Paino oy, Tampere.

Knapik, J., Harman, E., Steelman, R. & Graham, B 2012. A systematic Review of the effects of physical training on load carriage performance. Journal of Strength and Conditioning Research Vol 26/ 2 /585-597.

Koerhuis, C., Veenstra, B., Dijk, J. & Dellerman, N. 2009. Predicting marching capacity while carrying extremely heavy loads. Military medicine, 174, 12:1300, 2009.

Kraemer, W., Dunn-Lewis, C., Comstock, B., Thomas, G., Clark, J. & Nindl, B. 2010. Growth Hormone, Exercise, and Athletic Performance: A Continued Evolution of Complexity. Sports Med. Rep., Vol. 9, No. 4, pp. 242-252, 2010.

Kraemer, W. & Häkkinen, K. 2006. Strength training for sport. 3 painos. Blackwell science.

Kraemer, W., Patton, J., Gordon, S. Harman, E., Deschenes, M., Reynolds, K., Newton, R., Triplett, T., & Dziados, J. 1995. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol.* 78, 976–989.

Kraemer, W. & Ratamess, N. 2005, "Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training", *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, vol. 35, no. 4, pp. 339-361.

Lehmann, M., Foster, C., Netzer, N., Lormes, W., Steinacker, J., liu, Y., Opitz-Gress, A., Gastmann, U. 1998. Physiological Responses to Short- and Long-Term Overtraining in endurance Athletes. *Teoksessa Overtraining in Sport. Human Kinetics.*

Leveritt, M., Abernethy, P.J., Barry, B.K. & Logan, P.A. 1999, "Concurrent strength and endurance training. A review", *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, vol. 28, no. 6, pp. 413-427.

Lucia A., Esteve-Lanao J., Oliván J., Gómez-Gallego F., San Juan AF., Santiago C., Pérez M., Chamorro-Vina C. & Foster C. 2006. Physiological characteristics of the best Eritrean runners – exceptional running economy. *Applied Physiology Nutrition Metabolism.* 31, 530-540.

Lyons, J., Allsopp, A. & Bilzon, J. 2005. Influences of body composition upon the relative metabolic and cardiovascular demands of load-carriage, *Occupational Medicine* 2005;55:380–384.

Malmberg, J., Fogelholm, M., Kyröläinen, H., Lepistö, P., Lipponen, J., Mäntysaari, M., Palvalin, K., Pietilä, H., Santtila, M., Suni, J. 2003. Reservin fyysinen suorituskky. Tutkimusraportti reserviläisten fyysisestä suorituskvystä. UKK-instituutti, Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitos, Karjalan Prikaati, Pääesikunta & Sotilaslääkätieteen laitos, Helsinki: Edita Prima Oy

Marcinik, E.J., Potts, J. & Schlabach, G. 1991. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Med. Sci Sports Exerc* 23, 739–43.

McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. 2007. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance (kuudes painos). Lippincot Williams & Wilkins.

McKay, B., Paterson, D. & Kowalchuk, J. 2009. Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O<sub>2</sub> uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. *J Appl Physiol* 107: 128–138, 2009.

Midgley, A., McNaughton, L. & Wilkinson, M. 2006. Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? *Sports Med* 2006; 36 (2): 117-132.

Mikkola, J., Rusko, H., Izquierdo, M., Gorostiaga, E.M. & Häkkinen, K. 2012. Neuromuscular and cardiovascular adaptations during concurrent strength and endurance training in untrained men. *International Journal of Sports Medicine*, 33(9): 702-710.

Millet, G., Jaouen, B., Borrani, F. 2002. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO<sub>2</sub> kinetics. *Med Sci Sports Exerc* 34, 1351–1359.

Molloy, J., Feltwell, D., Scott, S., & Nibuhr, D. 2012. Physical Training Injuries and Interventions for Military Recruits. *Military medicine*, 177, 5:553,2012.

Nindl B. 2009. Insulin-Like Growth Factor-I as a Candidate Metabolic Biomarker: Military Relevance and Future Directions for Measurement. *Journal of Diabetes Science and Technology*. Volume 3, Issue 2, March 2009.

Nummela, A. 2004. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus, Teoksessa: Urheiluvalmennus. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

O'Connor H., Olds T., Maughan R.J. 2007. Physique and performance for track and fields events. *Journal of Sports Sciences*, 2007; 25(S1):S49-S60.

Paavolainen, L., Häkkinen, K. & Härmäläinen, I. 1999. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 86, 1527–1533.

Psilander, N., Wang, L., Westergren, J., Tonkonogi, M. & Sahlin, K. 2002. Mitochondrial gene expression in elite cyclists: effects of high-intensity interval exercise. *Eur J Appl Physiol* 110, 597–606.

Puche, J. & Castilla-Cortázar, I. 2012 Human conditions of insulin-like growth factor-I (IGF-I) deficiency. *Journal of Translational Medicine* 2012, 10:224.

Ramsbottom, R., Nute, M. & Williams, C. 1987. Determinants of five kilometre running performance in active men and women. *Brit.J.Sports Med.*- Vol. 21, No. 2, June 1987, pp. 9-13.

Ross, R. & Janssen, I. 2007, Physical activity, fitness and obesity. *Teoksessa: Physical activity and health 2007 Human Kinetics.* (Toim.) Bouchard, C., Blair, S. & Haskell, W.

Rønnestad B., Hansen E. & Raastad T. 2010 Strength training improves 5-min allout performance following 185 min of cycling. *Scand J Med Sci Sports*.

Rønnestad, B., Kojedal, Ö. & Losnegard, T., 2011. Kvamme, B., Raastad, T., Effect of heavy strength training on muscle thickness, strength, jump performance, and endurance performance in well-trained Nordic Combined athletes 2011. *Eur J Appl Physiol* (2012) 112:2341–2352.

Rowbottom, D., Keasat, D. & Morton, A. 1998, Monitoring and Preventing of Overreaching and Overtraining in Endurance Athletes. *Teoksessa: Overtraining in Sport, Human Kinetics*.

Sale D., Jacobs I., MacDougall J. & Garner, S. 1990a. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22: 348-56.

Sale D., MacDougall J., Jacobs I. & Garner, S. 1990b. Interaction between concurrent strength and endurance training. *American Physiological Society* 0161-7567/90.

Santtila, M., Häkkinen, K., Kraemer, W. & Kyröläinen, H 2010. Effects of basic training on acute physiological responses to a combat loaded run test. *Military Medicine*; Apr 2010; 175, 4; ProQuest Central pg. 273.



Saunders, P., Pyne, D., Telford, R. & Hawley, J. 2004. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med* 2004; 34 (7): 465-485.

Seiler, S. & Tønnessen, E. 2009. Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. *Sportscience* 13, 32-53, 2009.

Sopler, D. 2010, Exercise, how it can increase or decrease specific hormones and growth factors. *Scientific physical therapy* 2010 Vol. 19 No. 3.

Spurrs, R., Murphy, A., & Watsford, M. 2003. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol* (2003) 89: 1–7.

Stone, M., Sands, W., Pierce, K., Newton, R., Haff, G. & Carlok, J. 2006. Maximum Strength and Strength Training A Relationship to Endurance? *National Strength and Conditioning Association*, Volume 28, Number 3, pages 44-53.

Swain, D., Ringleb, S., Naik, D. & Butowich, C. 2011. Effects of training with and without a load on military Fitness tests and marksmanship. *J Strength Cond Res* 25(7): 1857–1865.

Taipale, R. & Häkkinen, K. 2013. Acute hormonal and force responses to combined strength and endurance loadings in men and women: the “Order Effect” *Plos one* ,Vol. 8 I. 2.

Taipale, R., Mikkola, J., Nummela, A., Vesterinen, V., Capostagno, B. Walker, S., Gitonga, D., Kraemer, W. & Häkkinen, K. 2010. Strength training in endurance runners. *Int J Sports Med* 2010; 31: 468 – 476.

Taipale, R., Mikkola, J., Vesterinen, V. & Nummela, A. 2012. Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: maximal versus explosive strength training or a mix of both. *Eur J Appl Physiol* (2013) 113:325–335.

Tittel K. & Wutscerk H. 1992. Anatomical and anthropometric fundamentals of endurance. *Teoksessa: Shephard R.J., Åstrand P.O. Endurance in sport. Volume II of the encyclopaedia of sports medicine. Blackwell Science Ltd, UK.*

Tummaavuori, M. 2004, Long-term effects of physical training on cardiac function and structure in adolescent cross-country skiers. A 6,5 year longitudinal echocardiographic study. Jyväskylän yliopisto 2004.

Tjønnå, A., Lee, S., Rognmo, Ø., Stølen, T., Bye, A., Haram, P., Loennechen, J., Al-Share, Q., Skogvoll, E., Slørdahl, S., Kemi, O., Najjar, S., Wisløff, U. 2008. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. Jul 22;118(4):346-54.

Tremblay, M., Copeland, J. & Helder, W. 2005. Influence of exercise duration on post-exercise steroid hormone responses in trained males. *Eur J Appl Physiol* (2005) 94: 505–513.

Uusitalo, A.L., Huttunen, P., Hanin, Y., Uusitalo, A.J. & Rusko, H.K. 1998, "Hormonal responses to endurance training and overtraining in female athletes", *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, vol. 8, no. 3, pp. 178-186.

Vaara, J. 2013. Jalkaväkisotilaalta vaaditaan yhä kovempaa kuntoa. *Sotilasaikakausilehti* 1/2013; 54-55, AO-paino, Mikkeli 2013.

Vaara, J., Ohrankämmen, O., Vasankari, T., Santtila, M., Fogelholm, M., Kokkonen, E., Suni, J., Pihlajamäki, H., Mäntysaari, M., Häkkinen, A., Häkkinen, K. & Kyröläinen, H. *Reservi-  
läisten fyysinen suorituskky* 2008. 1. Painos, Edita Prima Oy.

Valkeajärvi, J. 2012. Uudistetun taistelutavan joukot, varustaminen ja joukkotuotanto. *Sotilasaikakausilehti* 10/2012; 9-14. AO-paino, Mikkeli 2013.

Vuorimaa T. 2007. Neuromuscular, hormonal and oxidative stress responses to endurance running exercises in well trained runners. *Studies in sport , physical education and health* 121, University of Jyväskylä.

Wilmore, J. & Costill, D. 2004. *Physiology of sport and exercise*, Third Edition, Human Kinetics.

Wood, R. & Stanton, S. 2012. Testosterone and Sport: Current perspectives, National Institutes of Health. Horm Behav. 2012 January 61(1): 147–155.

## **LIITTEET**

LIITE 1: Tutkimuksen aikana täytettävän harjoituspäiväkirjan malli

## HARJOITUSPÄIVÄKIRJA

			HARJOITTELUN TOTEUTUS	HUOMIOT HARJOITTELUSTA	YHTEENSÄ/min	Tunne 1-5	Uni 1-5	Mieliala 1-5	Urheiluvammat / rasitusvmmat	Orto 5min+3min
VKO 11	Ma	11								
	Ti	12								
	Ke	13								
	To	14								
	Pe	15								
	La	16								
	Su	17								
VKO 12	Ma	18								
	Ti	19								
	Ke	20								
	To	21								
	Pe	22								
	La	23								
	Su	24								
VKO 13	Ma	25								
	Ti	26								
	Ke	27								
	To	28								
	Pe	29								
	La	30								
	Su	31								